

明 細 書

共振器、フィルタ、非可逆回路素子、および通信装置

技術分野

[0001] この発明は、例えばマイクロ波帯やミリ波帯における無線通信や電磁波の送受信に利用される共振器、フィルタ、非可逆回路素子、および通信装置に関するものである。

背景技術

[0002] 磁気共鳴型のアイソレータとして、非特許文献1や特許文献1、2が開示されている。このような従来の磁気共鳴型アイソレータは、直交する2つの線路に、振幅が等しく位相が $\pi/2$ ラジアンだけ異なる高周波電流が流れたときに、その交点に回転する磁界(円偏波)が生じ、2つの線路の電磁波進行方向に応じて円偏波の旋回方向が逆転する現象を利用したものである。すなわち、上記交点にフェリ磁性体を配置するとともに磁気共鳴に必要な静磁界を加え、主線路を伝搬する電磁波の進行方向が逆方向であるときに、上記交点に生じる円偏波が正円偏波となって共鳴吸収が生じるようにし、主線路を伝搬する電磁波の進行方向が順方向であるときに、上記円偏波が負円偏波となって共鳴吸収が生じずに電磁波が伝送されるようにしたものである。

[0003] ここで、非特許文献1の構成を図28に示す。図28の例では、導体層6a、6b、6cによる線路の上下を、それぞれ遮蔽電極7を有する誘電体基板1a、1bで挟んで平衡型ストリップ線路を形成するとともに、導体層6a部分に十字状の $\lambda/4$ 共振器を構成している。この共振器と左右方向に延びる主線路との交点で円偏波が生じるが、円偏波の回転方向は主線路を伝搬する電磁波の進行方向に応じて正転または逆転する。したがってフェライトコア16に磁気共鳴に必要な静磁界を印加しておくことによって、例えば正円偏波の場合に共鳴吸収が起こり、負円偏波の場合には吸収なく電磁波は伝送されることになりアイソレータとして作用する。

[0004] また、上記特許文献1に係るアイソレータの構成を図29に示す。図29の例では誘電体板1の中央部にフェライトコア16を設け、フェライトコア16の上部に、互いに直交する四開口を有する接合導体17を配置し、四開口のうち相対する二開口の一方に

集中定数キャパシタ19、他方に集中定数インダクタ20を設け、他の相対する開口を入出力端子18として設けている。

- [0005] また、特許文献2に係る非可逆回路素子の構成を図30に示す。図30の例では角板形状の誘電体板1の中央部に円板形状のフェライトコア16を埋め込んでいる。誘電体板1の上面には、接合導体17の4つの開口部に整合用回路18a, 18bを設けるとともに、その端部を入出力端子として用いる。他の二開口に設けた線路18c, 18dには、誘電体板1', 1' に線路18c', 18d' を設けて成る先端開放線路をそれぞれ接続するようにしている。

特許文献1:特開昭63-260201号公報

特許文献2:特開2001-326504公報

非特許文献1:橋本忠士, “マイクロ波フェライトとその応用技術”第1版, 総合電子出版社, 1997年5月10日, p.83-84

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0006] 特許文献1, 2、非特許文献1の何れもマイクロストリップラインを交差させてできる略十字型のストリップライン用いた共鳴型アイソレーターである。基本モードが2重モードであることと、その磁界ベクトルが交差点近傍において直交すること、すなわち、ある周波数において円偏波を生ずることを利用して磁気共鳴型アイソレーターを構成している。ところが、このような従来の非可逆回路素子ではマイクロストリップラインを用いているため、半波長または1/4波長で動作させることになる。このとき基板の誘電率によってパターンサイズが決まるため、小型化に難点があった。さらに、分布定数的な磁界分布となるため、磁気共鳴吸収効果の得られる円偏波の発生する領域も分布定数的であり、磁性体材料の体積に対する吸収効率が小さく、磁性体材料の小型化に関しても難点があった。

- [0007] また、従来の非可逆回路素子で構成されるマイクロストリップラインの共振器では、マイクロストリップラインの電極のない外側に磁界ベクトルが広がってしまう。そのため、このことで回路の小型化・集積化が制約されてしまう。

- [0008] この発明の目的は、全体の構造を複雑化せず、小型・集積化を可能とした共振器、

フィルタ、非可逆回路素子およびそれを用いた通信装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0009] この発明の共振器は、基板と、該基板上に形成した導体層とから構成した共振器において、導体層に、第1のスリットで連絡した第1・第2の導体開口部と、第2のスリットで連絡した第3・第4の導体開口部とを設けるとともに、第1のスリットと第2のスリットとを交差させたことを特徴としている。
- [0010] また、この発明の共振器は、前記導体層に対して絶縁層を介して当該絶縁層の厚み方向に近接する容量形成用導体層を備えるとともに、該容量形成用導体層を前記第1・第2のスリットの交差によって区切られた前記導体層の4つの領域に対向する位置に配置したことを特徴としている。
- [0011] また、この発明の共振器は、第1ー第4の導体開口部を磁界ベクトルが出入りする2つの共振モードの磁界または電界のバランスを崩すことによって前記2つの共振モードの縮退を解いたことを特徴としている。
- [0012] また、この発明の共振器は、第1ー第4の導体開口部のうち少なくとも1つの導体開口部に次の構成からなる共振素子を設けたことを特徴としている。
- [0013] 単数または複数の導体線路からなり、容量性領域と誘導性領域とを有する環状の共振単位の、1個または複数個から構成される共振素子であって、前記導体線路は、その一方の端部が自らの他方の端部もしくは同じ共振単位を構成する他の導体線路の端部と幅方向にまたは厚み方向に近接することによって前記容量性領域を構成している。
- [0014] この発明のフィルタは、上記の共振器と、該共振器に結合する信号入出力手段とを備えたことを特徴としている。
- [0015] この発明の非可逆回路素子は、上記共振器と、上記第1ー第4の導体開口部で囲まれた領域にフェライトを配置し、該フェライトに直流磁界を印加する磁石とを備えたことを特徴としている。
- [0016] また、この発明の非可逆回路素子は、前記第1のスリットと前記第2のスリットとを略直角に交差させたことを特徴としている。
- [0017] この発明の通信装置は、上記共振器、フィルタ、非可逆回路素子の少なくともいずれ

れかを備えたことを特徴としている。

発明の効果

- [0018] この発明の共振器によれば、基板上の導体層に、第1のスリットで連絡した第1・第2の導体開口部と、第2のスリットで連絡した第3・第4の導体開口部とを設けるとともに、第1のスリットと第2のスリットとを交差させたことにより、交差する第1・第2のスリットは、そのギャップにより容量性領域として作用し、第1〜第4の導体開口部は誘導性領域として作用する。この容量性領域と誘導性領域とによって、スロット共振器として動作する。この共振モードの磁界ベクトルは4つのスロットを出入りするため、導体開口部の平面方向での外方へは広がらず、共振器の外側へのエネルギーの漏れが少ないので、回路の小型化・集積化に有効である。
- [0019] またこの発明によれば、前記導体層に対して絶縁層を介して容量形成用導体層を備え、その容量形成用導体層を第1・第2のスリットの交差によって導体層の4つの領域に対向する位置に配置されているので、導体層／誘電体層／導体層の構成で厚み方向に容量が形成され、容量形成用導体層の面積に比例した大きな容量が得られる。そのため共振器の小型化が図れる。
- [0020] またこの発明によれば、第1〜第4の導体開口部を磁界ベクトルが出入りする2つの共振モードの磁界または電界のバランスを崩すことによって前記2つの共振モードの縮退を解いたことにより、結合した2段の共振器として作用し、これに入出力手段を設けたフィルタの帯域設計が可能となる。
- [0021] またこの発明によれば、第1〜第4の導体開口部のうち少なくとも1つの導体開口部にステップリング共振素子を設けたことにより、導体開口部の縁に生じる縁端効果による電流集中が、ステップリング共振素子の存在により緩和され、損失低減効果が得られる。
- [0022] またこの発明によれば、上記のいずれかの構成を備えた共振器と、それに結合する信号入出力手段とを備えたことにより小型化・集積化されたフィルタが得られる。
- [0023] またこの発明によれば、上記のいずれかの構造を備えた共振器の第1〜第4の導体開口部で囲まれた領域にフェライトを配置し、該フェライトに直流磁界を印加する磁石とを備えたことにより、アイソレータなどの非可逆回路素子を得ることができる。

- [0024] また、この発明によれば、第1のスリットと第2のスリットとを略直角にて交差させたことにより、4つの導体開口部を出入りする磁界分布に疎密の偏りがなくなり、偶モードと奇モードとで略同等の高いQ値が得られる。
- [0025] またこの発明によれば、全体の構造が複雑化せず、小型化・集積化した共振器、フィルタ、非可逆回路素子の少なくともいずれかを備えた小型軽量低コストの通信装置が得られる。

図面の簡単な説明

- [0026] [図1]第1の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。
[図2]同共振器の2つの共振モードを示す図である。
[図3]同共振器における別の2つの共振モードを示す図である。
[図4]第2の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。
[図5]同共振器の2つの共振モードを示す図である。
[図6]第3の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。
[図7]同共振器の容量形成用導体層の形状を示す図である。
[図8]第4の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。
[図9]第5の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。
[図10]第6の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。
[図11]同共振器に用いる共振素子の作用を示す図である。
[図12]同共振器に用いる共振素子の等価回路図である。
[図13]第7の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。
[図14]第8の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。
[図15]第9の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。
[図16]第10の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。
[図17]第11の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。
[図18]第12の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。
[図19]第13の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。
[図20]第14の実施形態に係る共振器の構成を示す図である。
[図21]磁界ベクトルの交差角度について示す図である。

[図22]磁界ベクトルの交差角度について示す図である。

[図23]磁気共鳴吸収について示す図である。

[図24]第3の実施形態に係る共振器における奇モードと偶モードの磁界分布を示す図である。

[図25]第3の実施形態に係る共振器における奇モードと偶モードの電界分布を示す図である。

[図26]同共振器と従来のマイクロストリップラインによる共振器との関係を示す図である。

[図27]第15の実施形態に係る通信装置の構成を示すブロック図である。

[図28]従来の十字ストリップ線路共鳴型アイソレータの構成を示す分解斜視図である。

[図29]特許文献1の非可逆回路素子の構成を示す図である。

[図30]特許文献2の非可逆回路素子の構成を示す図である。

符号の説明

- [0027]
- 1 誘電体基板
 - 2 導体線路
 - 2' 導体線路集合体
 - 3 絶縁層
 - 4 導体層
 - 5 容量形成用導体層
 - 6 導体層
 - 7 遮蔽電極
 - 8 入出力端子
 - 9 入出力結合用電極
 - 10 ビアホール
 - 11 容量結合用電極
 - 13 遮蔽ケース
 - 14 遮蔽キャップ

- 15 基板
- 16 フェライトコア
- 17 磁石
- 100 共振素子
- 120 通信装置
- AP 導体開口部
- SL スリット
- SLL スロット

発明を実施するための最良の形態

[0028] 第1の実施形態に係る共振器について図1～図3を参照して説明する。

図1の(A)は遮蔽キャップを取り除いた状態での共振器の上面図、(B)は遮蔽キャップを取り付けた状態での(A)におけるA-A部分の断面図である。矩形板形状の誘電体基板1の上面には、第1のスリットSL1で連絡した第1・第2の導体開口部AP1・AP2と、第2のスリットSL2で連絡した第3・第4の導体開口部AP3・AP4とを有する導体層4を形成している。誘電体基板1の側面から底面にかけて、その五面には遮蔽電極7を形成している。

[0029] 誘電体基板1の上部には上記導体開口部AP1～AP4およびスリットSL1、SL2の形成部分を覆い、且つ導体層4に直流的に導通する遮蔽キャップ14を取り付けている。

[0030] 図2はこの共振器の4つの導体開口部AP1～AP4により生じる2つの共振モードの磁界分布を示している。図中破線の矢印は磁界ベクトルを示している。(A)は、第1の導体開口部AP1から第3の導体開口部AP3方向へ磁界ベクトルが向き、これと共に第4の導体開口部AP4から第2の導体開口部AP2方向へ磁界ベクトルが向くモード(ここでは「偶モード」と言う。)について示している。(B)は、第1の導体開口部AP1から第4の導体開口部AP4方向へ磁界ベクトルが向き、これと共に第3の導体開口部AP3から第2の導体開口部AP2方向へ磁界ベクトルが向くモード(ここでは「奇モード」と言う。)について示している。

[0031] 4つの導体開口部AP1～AP4はそれぞれ誘導性領域として作用し、十字型のスリ

ットSL1, SL2は容量性領域として作用する。x軸とy軸に関してこれらの導体開口部AP1〜AP4、およびスリットSL1, SL2の形状が対称構造である場合、偶モードと奇モードの磁界ベクトルの分布は幾何学的に90度回転させた時に重なる(90度回転対称)関係となる。その場合、上記2つのモードが縮退関係(2つの独立した共振モードの共振周波数が同じで、結合していない状態)となる。

[0032] 図3は導体開口部とスリットとの組み合わせによる別の2つの共振モードについて示している。(A)は導体開口部AP1・AP2およびスリットSL1による共振モード(ここでは「Xモード」という。)の磁界分布の平面図、(C)はそのA-A部分の断面図である。但し第3・第4の導体開口部AP3・AP4および第2のスリットSL2については図示を省略している。また(B)は導体開口部AP3・AP4およびスリットSL2による共振モード(ここでは「Yモード」という。)の磁界分布の平面図、(D)はそのB-B部分の断面図である。但し第1・第2の導体開口部AP1・AP2および第1のスリットSL1については図示を省略している。

[0033] ここで破線の矢印は磁界ベクトルを、ドット記号とクロス記号は磁界ベクトルの向きをそれぞれ示している。図2に示した偶モードと奇モードはこの図3に示したXモードとYモードの結合した状態として表現することができる。非特許文献1、特許文献1, 2に示されているようなストリップラインの共振器では、磁界が電極を取り巻いて分布するが、この実施形態では、磁界ベクトルが導体開口部AP1〜AP4に殆ど分布し、導体開口部の平面方向の外側には殆ど広がらない。そのため共振器外部へのエネルギーの漏れが少なく、回路の小型化・集積化に有利である。

[0034] なお、導体膜4に設けた4つの導体開口部AP1〜AP4と2つのスリットSL1, SL2とによる共振器は誘電体基板1側の遮蔽電極7と遮蔽キャップ14とによって遮蔽されるので、この共振器に近接する他の部品や回路との干渉を防止することができる。

[0035] 次に、第2の実施形態に係る共振器について図4・図5を基に説明する。

図4の(A)は図1に示した共振器と異なり、第1〜第4の導体開口部AP1〜AP4の形状を長円形状とし、且つこれら4つの導体開口部AP1〜AP4の配置をx軸とy軸に関して非対称にしている。この図4に示す例では、導体開口部AP1〜AP3間の距離およびAP4〜AP2間の間隔を、導体開口部AP1〜AP4間の間隔およびAP3〜AP2

間の間隔より狭くしている。

- [0036] 図5の(A)はこの共振器の偶モードの磁界ベクトルの分布、(B)は奇モードの磁界ベクトルの分布をそれぞれ示している。偶モードの磁界ベクトルは導体開口部AP1-AP3間およびAP4-AP2間を向き、奇モードの磁界ベクトルは導体開口部AP1-AP4間およびAP3-AP2間を向く。
- [0037] この偶モードと奇モードは、図3で説明したように、導体開口部AP1・AP2およびスリットSL1による共振モード(Xモード)と、導体開口部AP3・AP4およびスリットSL2による共振モード(Yモード)の2つの共振モードの重ね合わせとして表現できる。この場合XモードとYモードの共振周波数は等しい。しかし、偶モードと奇モードとして見ると、2つの導体開口部を対として回る磁界ベクトルの経路長は奇モードの方が偶モードより長い。したがって、奇モードの周波数は偶モードの周波数より高くなる。このことは、摂動論的に考えると開口部間の距離を大きくした場合に磁界分布に仕事をしたことになる、周波数が高くなると説明できる。また、開口部間の距離が大きくなると磁界の疎密が平坦化されるので、誘導量が小さくなって周波数が高くなる、とも説明できる。
- [0038] このようにして縮退関係を解くことによって、2つの共振器が結合した2段の共振器として作用する。後述するように、この共振器に入出力手段を設けることによって、2段の共振器を備えたフィルタとして作用させることができる。
- [0039] 次に、第3の実施形態に係る共振器の構成を図6・図7および図24-26を参照して説明する。

図6の(A)は遮蔽キャップを取り除いた状態での共振器の上面図、(B)は遮蔽キャップを取り付けた状態での(A)におけるA-A部分の断面図、(C)は誘電体基板1の内層における導体層の形状および位置を示す平面図である。誘電体基板1の上面には第1の実施形態の場合と同様に4つの導体開口部AP1-AP4および2つのスリットSL1, SL2を有する導体層4を形成している。また誘電体基板1の四側面と誘電体基板1の四側面と底面には遮蔽電極7を形成している。更にこの誘電体基板1の内層には容量形成用導体層5を形成している。この容量形成用導体層5は第1のスリットSL1と第2のスリットSL2との交差によって区切られた導体層4の4つの領域に絶

縁層3を介して対向する位置に配置している。この容量形成用導体層5と導体層4との間には容量が生じるので、この絶縁層3を介して対向する容量形成用導体層5と導体層4との間はスリットSL1, SL2だけを設けた場合に比べて大きな容量性領域として作用する。

このように容量形成用導体層5を設けたことにより容量性領域の容量が大きくなり、必要な共振周波数を得るための共振器サイズをその分小型化できる。

[0040] 図7の(A)は上記容量形成用導体層5を形成した位置における、第1・第2のスリットSL1・SL2の交差によって区切られた導体層4の4つの領域を示している。4つの領域を第1〜第4の象限とすれば、偶モードと奇モードにおける電界ベクトルの向きは次のような関係となる。

[0041] (表1)

象限				
モード	第1	第2	第3	第4
偶モード	0	−	0	+
奇モード	+	0	−	0

[0042] この表1は、ある時刻における電界ベクトルの向きを示している。ここで+ (プラス)は上向き、− (マイナス)は下向き、0は平均で0をそれぞれ表している。したがって、図7の(A)に示したように、容量形成用導体層5の形状を2つのスリットSL1, SL2を対称軸として90° 回転対称形(上下左右対称形)とすれば、偶モードと奇モードについて等容量の容量性領域として作用する。そこで、例えば図7の(B)に示すように、切欠状部分を形成して第2象限・第4象限での容量形成用導体層5の面積を小さくし、第2象限と第4象限における容量を小さくすれば、奇モードに対して影響が与えられることなく、偶モードの電界エネルギーの集中する領域での容量が小さくなる。その結果、奇モードよりも偶モードの周波数を高めることができる。

- [0043] 図24・図25は図7の(B)に示した容量形成用導体層5を設けた場合の共振器の磁界分布と電界分布を示している。但し、ここではシミュレーションを容易にするために、4つの導体開口部AP1ーAP4のうち、AP1ーAP2の向きおよびAP3ーAP4の向きが $\pm 45^\circ$ となるように図示している。図24の(A), (B)は導体開口部AP1ーAP4およびAP3ーAP2間にそれぞれ磁界ベクトルが向くモード(上記奇モード)について示している。(A)は磁界エネルギーの強度を微小なドット状パターンの集合で表している。(B)の矢印、ドット記号およびクロス記号は磁界ベクトルの向きを表している。さらに、図25の(A), (B)は上記モードの電界分布について示している。(A)は電界エネルギーの強度を微小なドット状パターンの集合で表している。(B)のドット記号およびクロス記号は電界ベクトルの向きを表している。
- [0044] 同様に図24・図25の(C), (D)はそれぞれ偶モードについて示している。図25から明らかなように、この例では偶モードの電界は容量形成用導体層5の切欠状部分cの影響を受け、その周波数が3.40GHzに上昇する。これに対して奇モードの電界は容量形成用導体層5の切欠状部分cの影響を受けず、周波数は3.04GHzのままとなる。
- [0045] このように4つの導体開口部AP1ーAP4および2つのスリットSL1, SL2の形状が 90° 回転対称形(上下左右対称形)であっても、縮退関係を解いてXモードとYモードとを結合させることができる。
- [0046] 図26はこの第3の実施形態に係る共振器と従来のストリップラインの共振器とを対比する図である。(A)はこの実施形態の共振器、(B)は従来の共振器である。図中円で囲んだ範囲が二つの磁界ベクトルの交差する領域であるが、この発明の共振器は共振回路が集中定数的であるため、パターンサイズの小型化に優れている。たとえば誘電体基板の比誘電率が30、(MSLの実効比誘電率が15)の場合、3GHzでの半波長の長さaは、約13mmである。これに対してこの実施形態では一辺の長さa'が2.8mmであり、約 $1/5$ (面積で約 $1/25$)に小型化できる。
- [0047] また、後述するように、共振モードの電磁界分布の特徴により、円偏波発生領域の占める割合が大きい。
- [0048] 図8は第4の実施形態に係る共振器の構造を示している。(A)は遮蔽キャップを取

り除いた状態での共振器の上面図、(B)は遮蔽キャップを取り付けた状態での(A)におけるA-A部分の断面図、(C)は誘電体基板1の内層における導体層の形状および位置を示す平面図である。図6に示した例と異なり、容量形成用導体層5を導体開口部AP1〜AP4の直近にまで広げている。その他の部分については図6に示した共振器の構造と同様である。このように容量形成用導体層5の形成範囲を広げることによって容量性領域の容量を大きくし、その分更なる低周波化・小型化を図ることができる。

[0049] 図9は第5の実施形態に係る共振器の構成を示している。(A)は遮蔽キャップを取り除いた状態での共振器の上面図、(B)は遮蔽キャップを取り付けた状態での(A)におけるA-A部分の断面図である。誘電体基板1に設けた層を成す導体層を表面から順に第1層、第2層、第3層…として表したとき、(C)は奇数番目の層(第1層、第3層…)の導体層パターンを示している。(D)は偶数番目の層(第2層、第4層…)の容量形成用導体層5のパターンを示している。(E)はこれら複数の層のうち第4層までについて、導体層間の電界ベクトルの向きおよび分布を示している。なお、(B)についても第4層まで表している。

[0050] このように導体開口部AP1〜AP4、スリットSL1、SL2を有する導体層と容量形成用導体層5とを交互に積層することによって、限られた面積(体積)内に大きな容量を構成することができ、その結果、より低周波数化・小型化が図れる。

[0051] 図10は第6の実施形態に係る共振器の構成を示している。(A)は遮蔽キャップを取り除いた状態での共振器の上面図、(B)は遮蔽キャップを取り付けた状態での(A)におけるA-A部分の断面図である。(C)はこの共振器に用いる共振素子の導体線路形成面側の平面図である。(D)は(B)におけるB部の拡大部分断面図である。更に(E)は共振素子100に形成した導体線路の一つのパターンを示す図である。

[0052] 誘電体基板1に対して奇数番目の層に導体層4を、偶数番目の層に容量形成用導体層5を設けたことは図9に示したものと同様である。この図10に示す例では、4つの導体開口部AP1〜AP4の上部にそれぞれ共振素子100を実装している。

[0053] 共振素子100は(C)に示すように矩形板形状の基板15の一方の主面に導体線路集合体2'を形成したものである。この導体線路集合体2'は、図中破線の楕円で

示すように、導体線路2a, 2b, 2c, 2d, 2eの両方の端部同士を幅方向に近接させている。この破線の楕円で示す部分が後に説明するステップリング共振素子の容量性領域に相当する。また、この例では導体線路2a, 2b, 2c, 2d, 2eの一方の先端と、それに隣接する他の導体線路の一方の先端とが、所定間隔を隔てて向き合うように配置している。

[0054] ここで、上記導体線路2a, 2b, 2c, 2d, 2eのうち1つの共振単位について図11を基に説明する。

[0055] 図11の(A)は1共振単位の平面図である。(B)は、導体線路2の両方の端部同士の近接部分での電界分布を示している。(C)は導体線路上の電流分布を示している。

[0056] このように、導体線路2は誘電体基板1上で、一定幅で1周以上周回した形状としていて、その両方の端部を互いに導体線路の幅方向に近接させている。

[0057] 図11の(B)において実線の矢印は電界ベクトル、白抜き矢印は電流ベクトルを表している。この(B)に示すように、導体線路の両端x1, x2の幅方向に近接する部分に電界が集中する。また、導体線路の一方の先端部と、それに近接する他方の端部付近x11との間に、および他方の先端部と、それに近接する他方の端部付近x21との間にも電界が分布し、これらの部分に容量が生じる。

[0058] 電流分布について見ると、(C)に示すように、電流強度は、導体線路のAからBにかけて急峻に増大し、B-Dの領域において略一定値を保ち、DからEにかけて急激に減少する。両端部は0である。導体線路の両端部同士が幅方向に近接する領域A-B, D-Eは容量性領域、その他の領域B-Dを誘導性領域と呼ぶことができる。この容量性領域と誘導性領域とにより共振動作する。すなわち、この共振単位は、それを集中定数回路のように見なせばLC共振回路を構成している。

[0059] このように、共振単位が、インピーダンスの高い誘導性領域とインピーダンスの低い容量性領域とから構成されていて、インピーダンスがステップ状に変化するので、共振単位をステップリングと呼ぶ。また、共振素子が複数の共振単位からなるので、その共振素子を多重ステップリング共振素子と呼ぶ。

[0060] このようにして、限られた占有面積内に線数の多い導体線路2の集合体を配置して

、線数の多い導体線路を設け、且つ小型の共振器を構成する。なお、ステップリング共振素子の微細電極の線幅が動作周波数における表皮深さよりも小さくすることによって、表皮効果の緩和による損失低減効果を得ることができる。

[0061] 図12は、図10に示した共振素子100の等価回路図である。(B)は図10に示した導体線路2a, 2b, 2cを形成しないで導体開口部AP1〜AP4およびスリットSL1, SL2を有する導体膜4を形成したスロット共振器の等価回路である。導体開口部AP1〜AP4による誘導性領域をインダクタL0、スリットSL1, SL2による容量性領域をキャパシタC0で表せば、この共振器は図12の(B)のように集中定数回路としてはLC並列共振回路として作用する。

[0062] 図10示した導体線路2a〜2eによる各共振単位は、それぞれ容量性領域と誘導性領域を環状に接続した構造であるので、これをキャパシタとインダクタの並列回路で表せば、共振器全体の等価回路は図12の(A)のように表せる。

[0063] このように、スロット共振器の誘導性領域として作用する導体開口部の内部に多重ステップリング共振素子を配置することによって、誘導性領域としての導体開口部の端縁部における電流集中が緩和され、導体損失が抑制できる。また、多重ステップリング共振素子の各導体線路の幅および線路間隔を導体の表皮深さと同程度またはそれ以下にするとともに線数を増すことによって、全体の縁端効果による導体損失が抑えられる。

[0064] なお、図10に示した例では各導体開口部に共振素子100を配置したが、全ての導体開口部AP1〜AP4に配置するのではなく、所定の導体開口部にのみ共振素子100を配置するようにしてもよい。

[0065] 次に、この発明の第7の実施形態に係るフィルタの構成を図13を基に説明する。

図13の(A)はフィルタの上面図、(B)はその正面図である。(E)は(A)におけるA-A部分の断面図、(F)は(A)におけるB-B部分の断面図である。また(C)は(E)におけるC-C部分の平面図、(D)は(F)におけるD-D部分の平面図である。

[0066] 誘電体基板1の上面には4つの導体開口部AP1〜AP4と2つのスリットSL1, SL2を有する導体層4を形成している。この例では導体開口部AP1〜AP2の対に比べて、導体開口部AP3〜AP4の対を大きく形成して、90度回転対称性を非対称性にして

いる。このことによって $(x+y)$ 軸方向に磁界ベクトルが向くモードと、 $(x-y)$ 軸方向に磁界が向くモードとの周波数に差をもたせ、 x 軸方向に磁界ベクトルが向くモードと y 軸方向に磁界ベクトルが向くモードとの結合を図っている。

[0067] 容量形成用導体層5は図6に示した場合と同様に、第1・第2のスリットSL1・SL2の交差によって区切られた導体層4の4つの領域に対向する位置に配置している。

[0068] 誘電体基板1の内部には、容量形成用導体層5より下層にこの容量形成用導体層5との間で容量を生じさせる容量結合用電極11a, 11b、その容量結合用電極11a, 11bに導通するビアホール10a, 10b、およびそのビアホール10a, 10bに導通する入出力結合用電極9a, 9bをそれぞれ形成している。

[0069] 誘電体基板1の側面から底面にかけては入出力結合用電極9に導通する入出力端子8を形成している。この図13の(C)～(F)に示すように、容量形成用導体層5の中心から x 軸方向に偏位にした位置で容量結合用電極11aが容量形成用導体層5と容量結合し、容量形成用導体層5の中心から y 軸方向に偏位した位置で容量結合用電極11bが容量形成用導体層5と容量性結合する。このことにより、入出力端子8a, 入出力結合用電極9a, ビアホール10a, 容量結合用電極11aは、 y 軸方向に磁界ベクトルが向く共振モードと結合する。同様に、入出力端子8b, 入出力結合用電極9b, ビアホール10b, 容量結合用電極11bは、 x 軸方向に磁界ベクトルが向く共振モードと結合する。

[0070] 但し、図6・図7では2つのスリットSL1, SL2の延びる方向を x 軸と y 軸方向にとったが、この図13の例では z 軸(x 軸と y 軸にそれぞれ直交する軸)に垂直な面で、図6・図7に対して45度回転した軸を x 軸, y 軸にとっている。

[0071] このような構造により、入出力端子8a, 8bを入出力部とし、2段の共振器を備えた帯域通過フィルタとして作用するフィルタが得られる。

[0072] 図14は第8の実施形態に係るフィルタの構成を示す図である。図13の例と異なるのは入出力手段の部分である。この図14に示す例では、誘電体基板1の側面に形成した入出力端子8aから x 軸方向に延びる入出力結合用電極9a、その入出力結合用電極9aの端部から z 軸方向に伸びて底面の遮蔽電極7に導通するビアホール10aを設けている。また、誘電体基板1のもう一つの側面に形成した入出力端子8bから y

軸方向に延びる入出力結合用電極9b、その入出力結合用電極9bの端部からz軸方向に伸びて底面の遮蔽電極7に導通するビアホール10bを設けている。入出力結合用電極9a、ビアホール10aは入出力端子8aと共にそのループ面がx-z面に平行であるので、y軸方向に磁界ベクトルが向く共振モードと磁界結合する。また、入出力結合用電極9b、ビアホール10bは入出力端子8bと共にそのループ面がy-z面に平行であるので、x軸方向に磁界ベクトルが向く共振モードと磁界結合する。

[0073] このような構造により、入出力端子8a、8bを入出力部とし、2段の共振器を備えた帯域通過フィルタとして作用するフィルタが得られる。

[0074] 次に第9の実施形態としてアイソレータの構成を図15、図21～23を参照して説明する。

図15の(A)はフィルタの上面図、(B)はその正面図である。(E)は(A)におけるA-A部分の断面図、(F)は(A)におけるB-B部分の断面図である。また(C)は(E)におけるC-C部分の平面図、(D)は(F)におけるD-D部分の平面図である。

[0075] 遮蔽キャップ14の内側で誘電体基板1の上部には、4つの導体開口部AP1～AP4を配置した領域の中央部(十字形状を成す2つのスリットSL1、SL2の交差点)を中心として、円板形状のフェライトコア16を配置している。その他の部分については図13に示した共振器の構造と同様である。したがって、(x+y)軸方向に磁界ベクトルが向くモードと、(x-y)軸方向に磁界が向くモードとの周波数に差が生じ、x軸方向に磁界ベクトルが向くモードとy軸方向に磁界ベクトルが向く2つのモードとが結合する。また、入出力結合用電極9a、9bの向きが直交しているので、上記2つのモードによる電磁界は容量形成用導体層5の形成領域で円偏波となる(図26参照)。

[0076] フェライトコア16には誘電体基板1およびフェライトコア16の主面に垂直な方向に直流磁界を外部から(例えば遮蔽キャップ14の外部に永久磁石を配置して)加える。

[0077] 図21は縮退関係にある2つの共振モードの磁界ベクトルの交差角度について示している。図21の(A)はアイソレータの平面図、(B)、(C)は(A)におけるx軸方向の交差角度を示す図であり、(B)はx座標が-2から+2まで、(C)は-0.2から+0.2までについてそれぞれ示している。但し、z軸(高さ)方向は表面の電極層4の位置(z=0)から0.1mm刻みで0.3mmまで4水準で測定し、交差角度はそれら4

点の平均値で示している。x軸上の交差角度は略90度であるが、x軸からずれるにしたがって90度からのずれも大きくなる。ただし、 $-0.2 \leq x \leq +0.2$ の範囲((A)において破線Sで囲んだ範囲)においては60〜120度の範囲に分布することがわかる。したがって、この範囲にフェライトコアを配置することによって円偏波の磁気共鳴吸収による良好なアイソレーション特性が得られる。

[0078] 図22は同じく2つの共振モードの磁界ベクトルの交差角度について示している。(A)は共振器の上面図、(B)はx-z面の断面図、(C)はx軸上の4箇所でz=0から1.5までについて交差角度を示している。すなわち、縮退する二重モードの磁界ベクトルの交差角度について、高さ方向(z座標)の依存性を示している。但し、y座標は0で一定とし、x座標は原点から0.1mm刻みで0.3mmまでの4水準で測定した。このグラフのばらつきは有限要素を解析によるメッシュの粗さに起因している。z=0は底面、z=1.5は上面に相当するが、底面から上面に至る範囲で90度近傍の交差角度が得られることがわかる。したがって、フェライトコアの高さ方向での配置は底面から上面に至る全ての範囲で効果的であることがわかる。

[0079] 図23は磁性体に直流磁界を印加することによる高周波の磁気共鳴吸収の周波数特性を示している。磁性体に直流磁界を印加すれば、高周波の磁気共鳴吸収が生じ、直流磁界の大きさに応じて磁気共鳴吸収される周波数が決まる。また、円偏波には偏波面の回転方向により、正円偏波(右旋円偏波)と負円偏波(左旋円偏波)があり、正円偏波と負円偏波に対する複素透磁率はそれぞれ

$$\mu_+ = \mu_+' + j\mu_+''$$

$$\mu_- = \mu_-' + j\mu_-''$$

によって表される。

[0080] 図23はフェライトコア16の特性例である。この図から明らかなように、正円偏波に対する複素透磁率の損失項(虚数部)が大きく、2GHz付近で磁気共鳴吸収することがわかる。これに対し負円偏波の透磁率は平坦な特性であり、磁気共鳴吸収しないことがわかる。

[0081] このようにして、一方の入出力端子8aからの信号入力により生じる上記2つのモードの磁界がフェライトコア16部分を通過する際、その円偏波の旋回方向が上記磁気

共鳴吸収の生じない旋回方向となる場合に、他方の入出力端子8bへ信号が出力される。逆に、入出力端子8bから信号が入力されることにより生じる上記2つのモードの磁界はフェライトコア16部分を通過する際、その円偏波の旋回方向が上記磁気共鳴吸収を生じる旋回方向となるので、他方の入出力端子8aへ信号が出力されない。すなわちアイソレータとして作用する。

[0082] 図16は第10の実施形態に係るアイソレータの構成を示す図である。(A)は遮蔽キャップを取り除いた状態での上面図、(B)は遮蔽キャップを取り付けた状態でのアイソレータの(A)におけるA-A部分の断面図である。(C)は誘電体基板の内層パターンの平面図である。誘電体基板1の上面には導体開口部AP1〜AP4、スリットSL1、SL2を有する導体層4を形成している。また、この導体層4には導体開口部AP2からAP1方向とは反対方向へ延びるスロットSLL1と、導体開口部AP4からAP3方向とは反対方向へ延びるスロットSLL2を形成している。

[0083] 容量形成用導体層5はx軸方向およびy軸方向にそれぞれ非対称形としている。そのため、図2に示した偶モードと奇モードの周波数に差が生じて、x軸方向に全体的に磁界ベクトルが向くXモードとy軸方向に全体的に磁界ベクトルが向くYモード(図3参照)とが結合する。

[0084] スロットSLL1は上記Xモードの磁界と結合してスロットラインの伝送モードで信号が伝搬する。また、スロットSLL2は上記Yモードの磁界と結合してスロットラインの伝送モードで信号が伝搬する。このようにしてスロット線路で入出力可能なアイソレータとして作用する。

[0085] 図17は第11の実施形態に係るアイソレータの構成を示す図である。(A)は遮蔽キャップを取り除いた状態での上面図、(B)は遮蔽キャップを取り付けた状態でのアイソレータの(A)におけるA-A部分の断面図である。(C)は誘電体基板の内層パターンの平面図である。

この例では導体開口部AP2からAP1方向とは反対方向へ延びるスロットSLL11と、導体開口部AP2の近傍からスロットSLL11に沿って延びるスロットSLL12を形成してコプレーナガイドを構成している。同様に、導体開口部AP4からAP3方向とは反対方向へ延びるスロットSLL21と、導体開口部AP4の近傍からスロットSLL21に沿

って延びるスロットSLL22を形成してコプレーナガイドを構成している。このような構造により、コプレーナガイドを入出力手段するアイソレータとして作用する。

[0086] 図18は第12の実施形態に係るアイソレータの構成を示す図である。この例では導体開口部AP2からAP1方向とは反対方向へ延びるスロットSLL11と、導体開口部AP2の近傍からスロットSLL11に沿って延びるスロットSLL12を形成してコプレーナガイドを構成している。また、AP4からAP3方向とは反対方向へ延びるスロットSLL2を形成している。その他の構成は図16・図17の場合と同様である。このようにして一方の入出力部をコプレーナガイド、他方の入出力部をスロットラインとする線路変換機能を兼ねたアイソレータとして作用する。

[0087] 図19は第13の実施形態に係るアイソレータの構成を示す図である。この例では導体開口部AP1〜AP4の形状を、四隅を丸くした略矩形状に形成している。また、共振素子100は用いていない。その他は図16に示した場合と同様である。このように導体開口部は円形以外であってもよく、同様にアイソレータとして作用する。

[0088] 図20は第14の実施形態に係るアイソレータの構成を示す図である。(A)は遮蔽ケースに装着する前の状態での誘電体基板の上面図、(B)はアイソレータの(A)におけるA-A部分の断面図である。(C)はアイソレータの正面図である。誘電体基板1と、それに設けた導体層やビアホールの構造は図15に示したものと同様である。この図20に示す例では、誘電体基板1をフェライトコア16、磁石17a, 17bと共に遮蔽ケース13内部に一体的に設けている。この遮蔽ケース13は磁性体であり高周波信号の遮蔽だけでなく磁石17a, 17bのヨークとして作用する。

[0089] 次に、この発明の第15の実施形態である通信通信装置の構成を図27を基に説明する。同図は通信装置の主要部の構成を示すブロック図である。この装置の送信系は電圧制御発振器(VCO)138、ミキサ134、バンドパスフィルタ133、増幅器132、アイソレータ131、デュプレクサ123の送信フィルタで構成している。ミキサ134はVCO138の発振信号と送信信号とをミキシングしてバンドパスフィルタ133で必要な送信帯域の信号を通過させ、増幅器132で増幅し、アイソレータ131を介し、更にデュプレクサ123の送信フィルタを介してアンテナ122から送信する。受信系はデュプレクサ123の受信フィルタ、増幅器135、バンドパスフィルタ136、ミキサ137、バンドパ

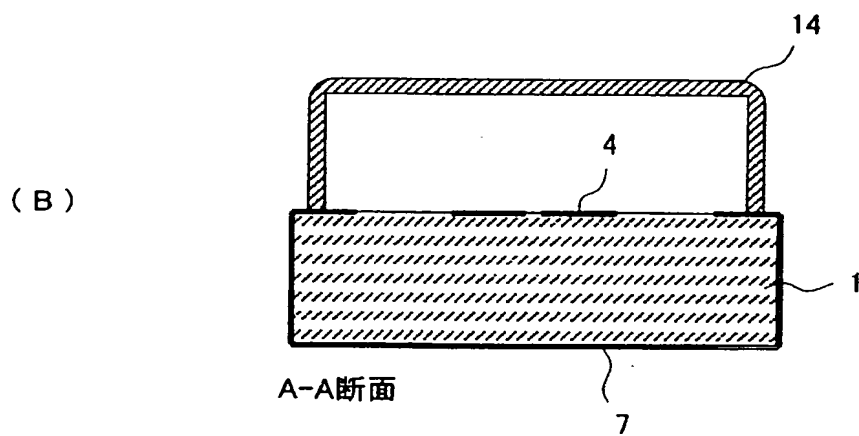
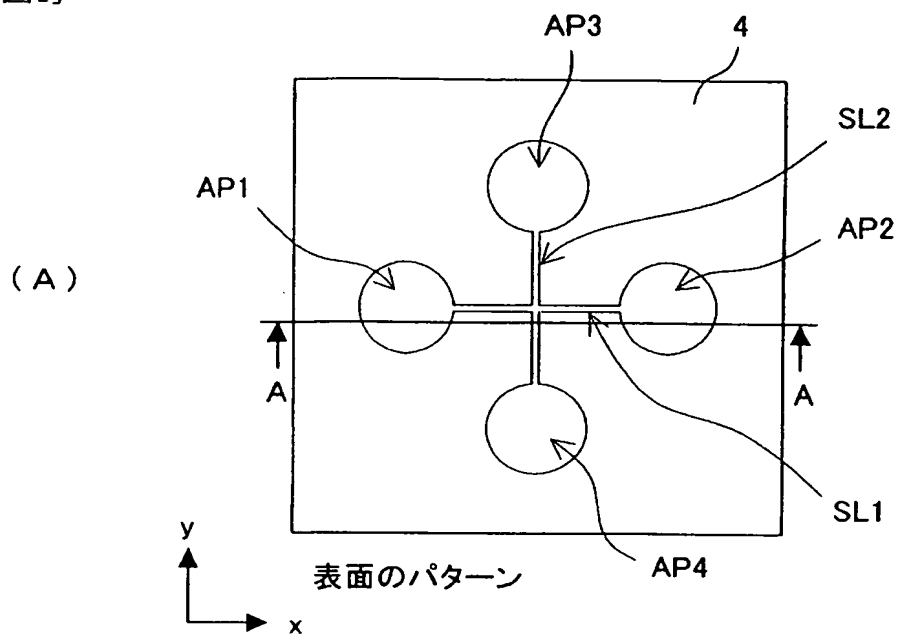
スフィルタ139から構成している。アンテナ122からの受信信号はデュプレクサ123の受信フィルタを通過し、増幅器135で増幅され、バンドパスフィルタ136で必要な受信信号帯域のみ選択される。ミキサ137はこの信号とバンドパスフィルタ139から出力されるローカル信号とをミキシングして受信回路への受信信号を出力する。

[0090] 以上の各実施形態で示した構成のフィルタはデュプレクサ123、バンドパスフィルタ133, 136, 139のいずれかに適用することができる。また以上の各実施形態で示した構成のアイソレータはアイソレータ131に適用することができる。

請求の範囲

- [1] 基板と、該基板上に形成した導体層とから構成した共振器において、
前記導体層に、第1のスリットで連絡した第1・第2の導体開口部と、第2のスリットで連絡した第3・第4の導体開口部とを設けるとともに、第1のスリットと第2のスリットとを交差させたことを特徴とする共振器。
- [2] 前記導体層に対して絶縁層を介して当該絶縁層の厚み方向に近接する容量形成用導体層を備えるとともに、該容量形成用導体層を前記第1・第2のスリットの交差によって区切られた前記導体層の4つの領域に対向する位置に配置したことを特徴とする請求項1に記載の共振器。
- [3] 第1ー第4の導体開口部を磁界ベクトルが出入りする2つの共振モードの磁界または電界のバランスを崩すことによって前記2つの共振モードの縮退を解いたことを特徴とする請求項1または2に記載の共振器。
- [4] 第1ー第4の導体開口部のうち少なくとも1つの導体開口部に次の構成からなる共振素子を備えたことを特徴とする請求項1ー3のいずれかに記載の共振器。
単数または複数の導体線路からなり、容量性領域と誘導性領域とを有する環状の共振単位の、1個または複数個から構成される共振素子であって、前記導体線路は、その一方の端部が自らの他方の端部もしくは同じ共振単位を構成する他の導体線路の端部と幅方向にまたは厚み方向に近接することによって前記容量性領域を構成している。
- [5] 請求項1ー4のいずれかに記載の共振器と、該共振器に結合する信号入出力手段とを備えたフィルタ。
- [6] 請求項1ー4のいずれかに記載の共振器と、前記第1ー第4の導体開口部で囲まれた領域にフェライトを配置し、該フェライトに直流磁界を印加する磁石とを備えた非可逆回路素子。
- [7] 前記第1のスリットと前記第2のスリットとを略直角に交差させた請求項6に記載の非可逆回路素子。
- [8] 請求項1ー4のいずれかに記載の共振器、請求項5に記載のフィルタ、請求項6または7に記載の非可逆回路素子の少なくともいずれかを備えた通信装置。

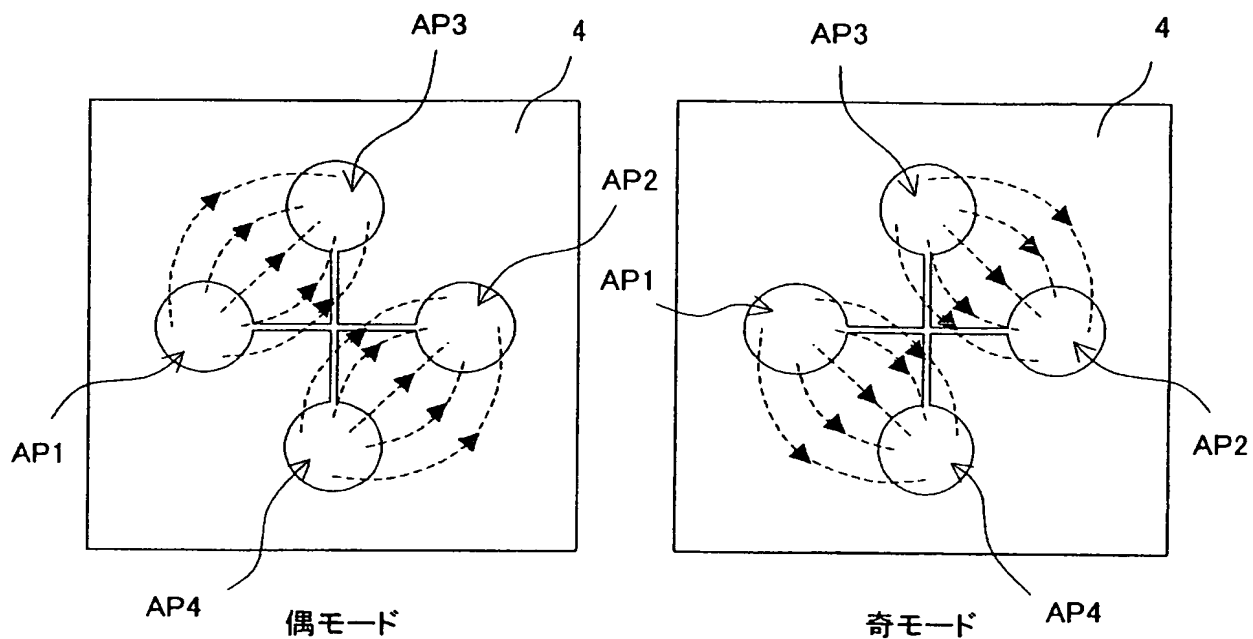
[図1]



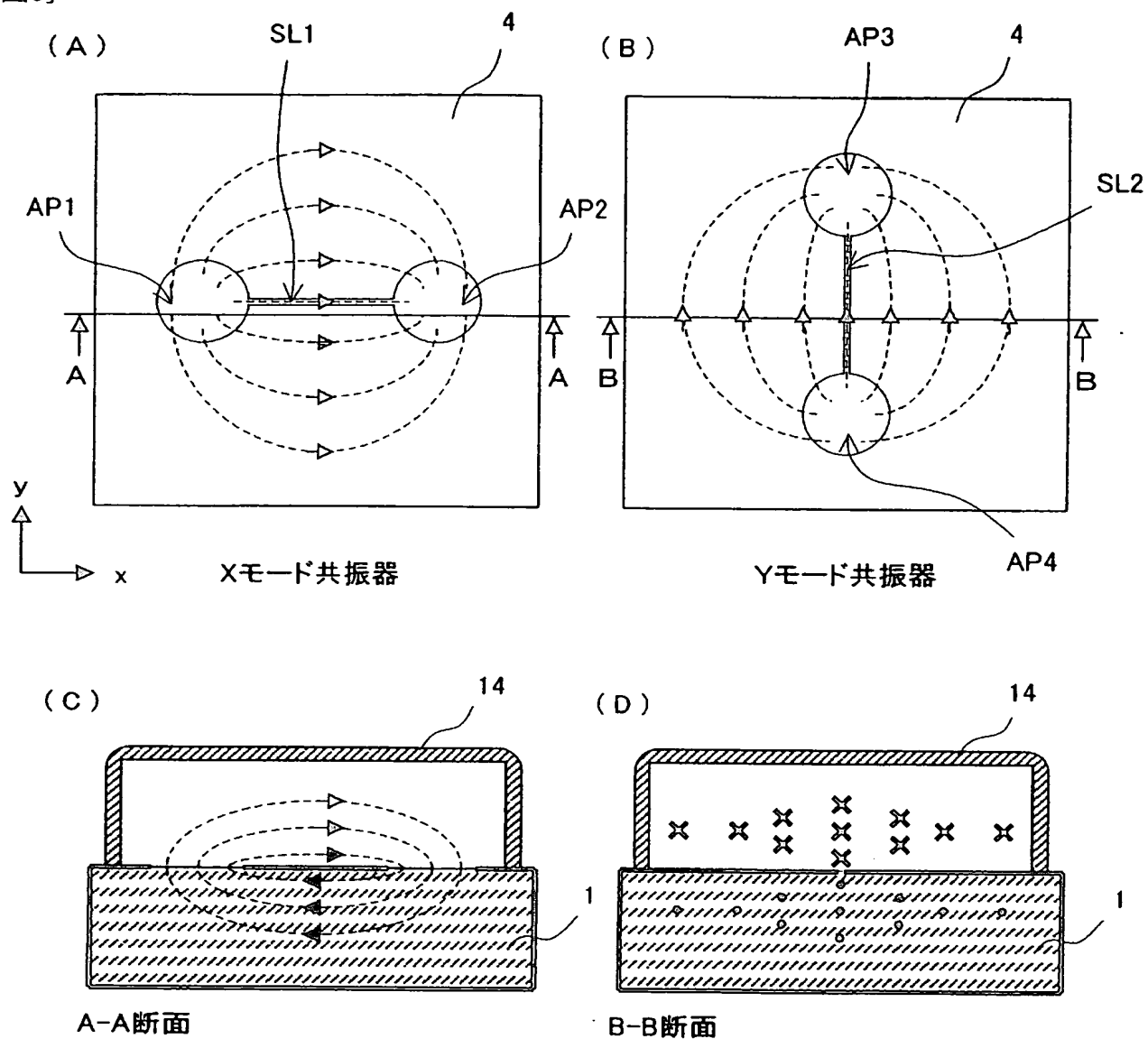
[図2]

(A)

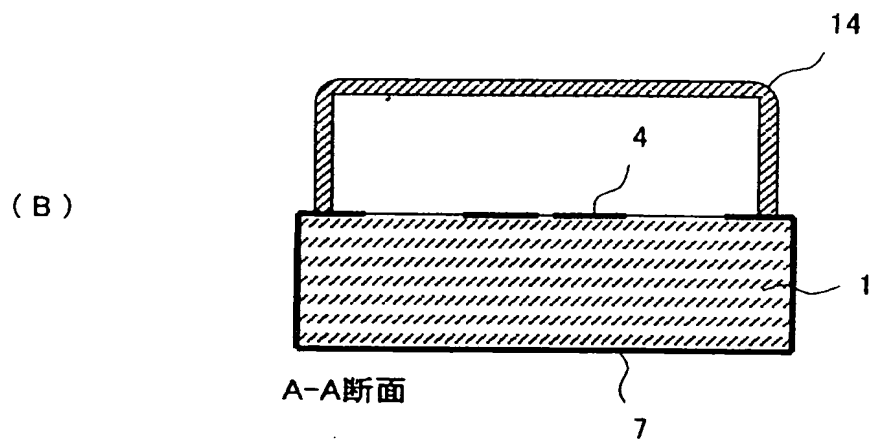
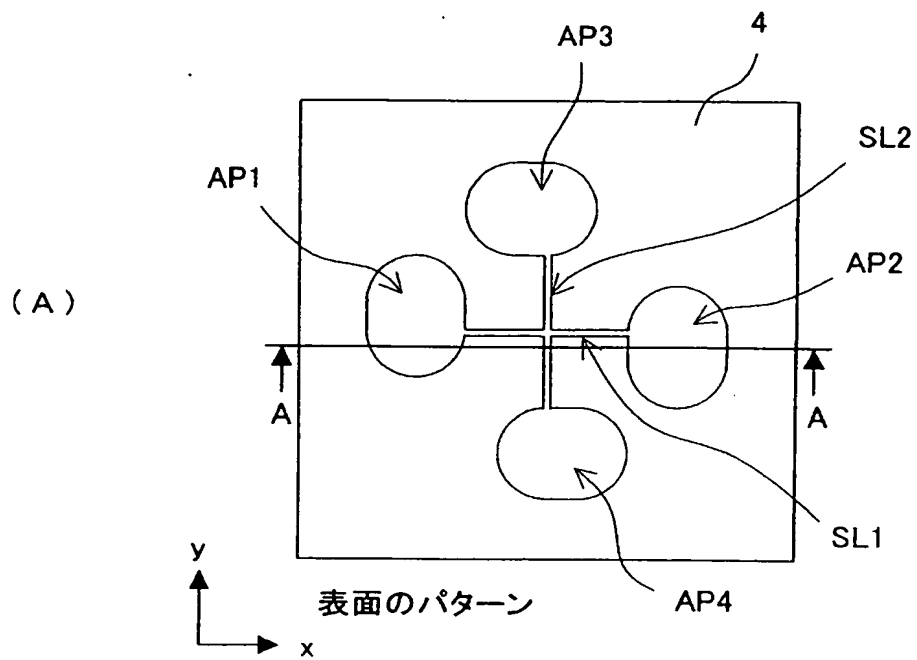
(B)



[図3]

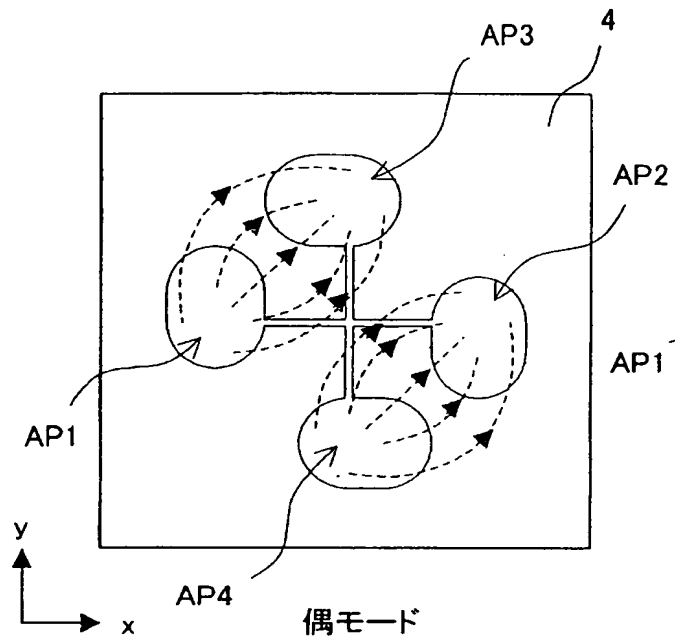


[図4]

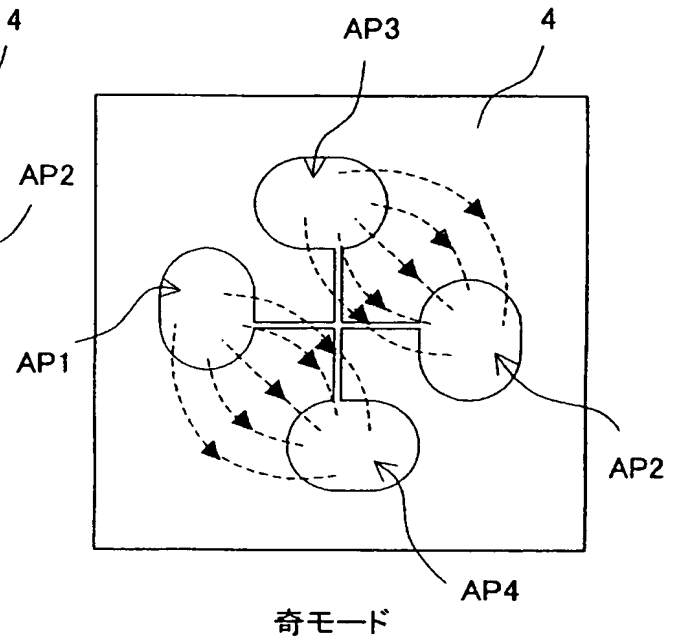


[図5]

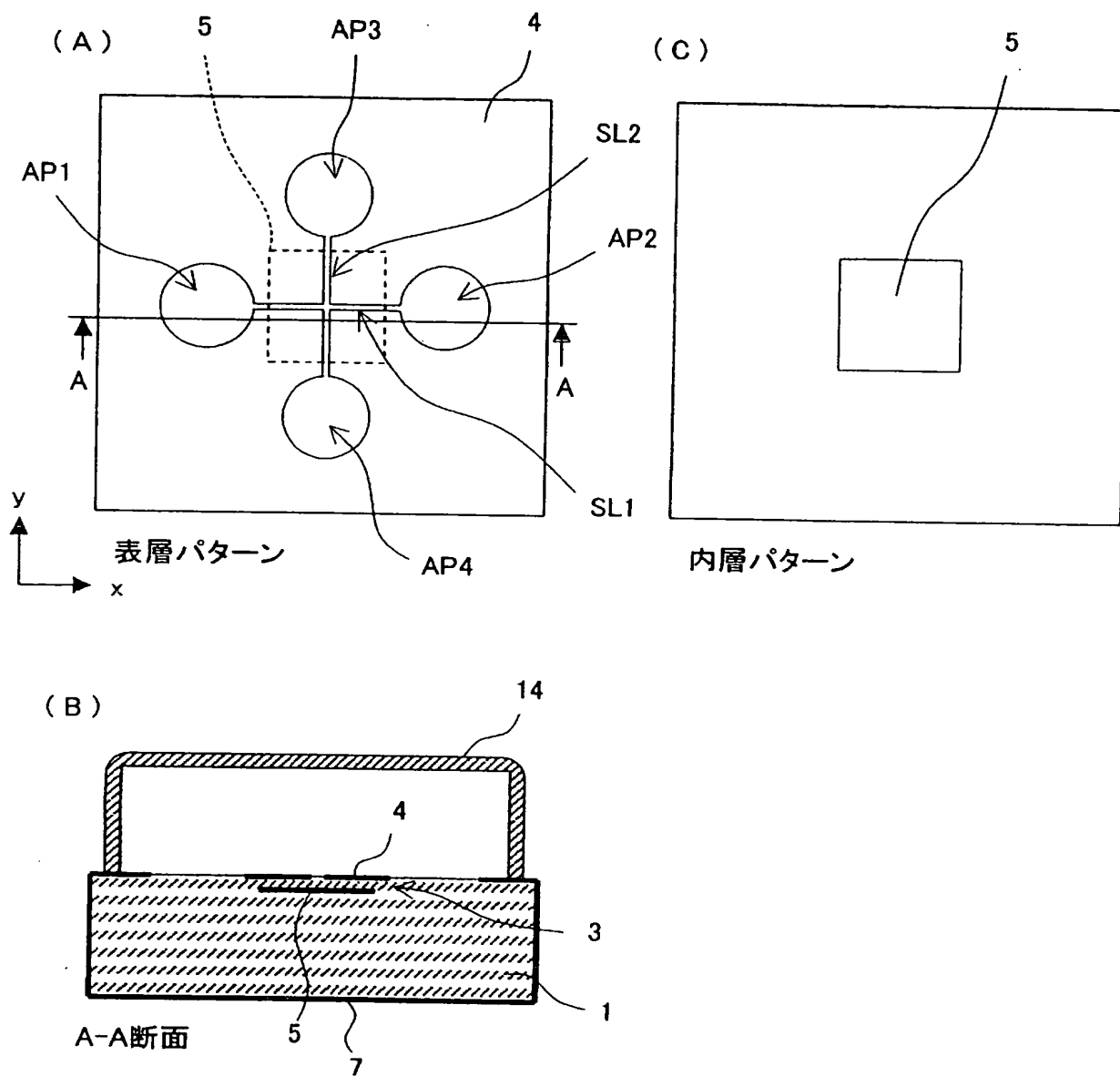
(A)



(B)

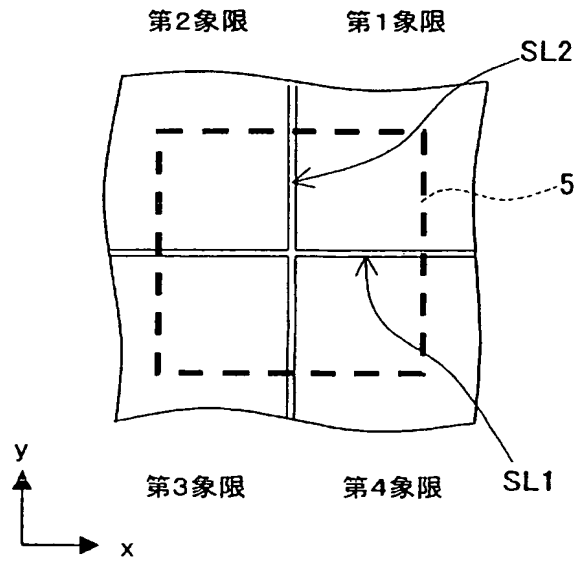


[図6]

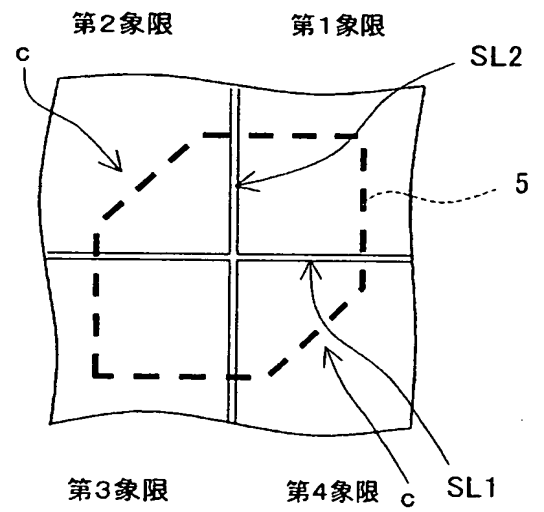


[図7]

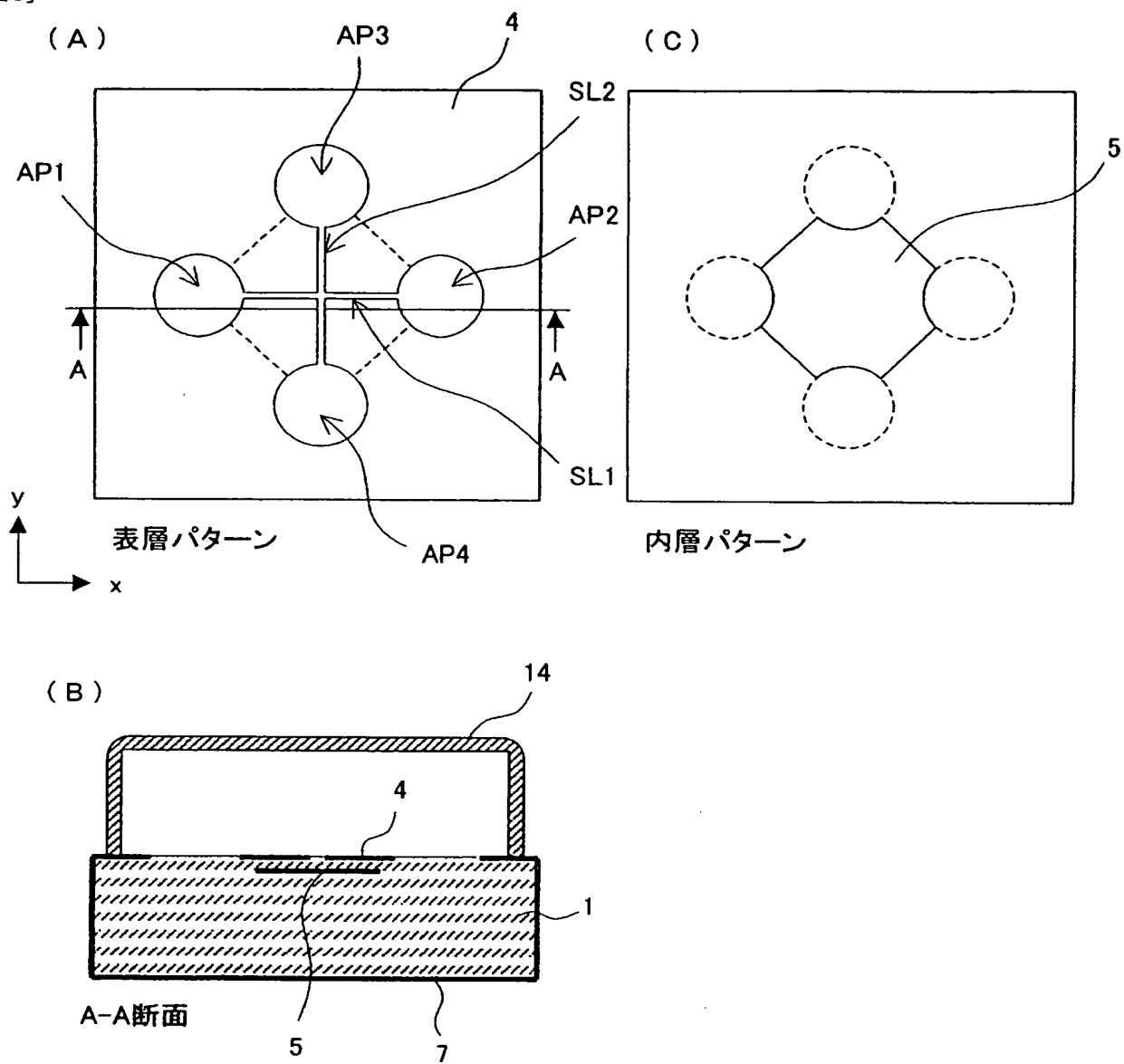
(A)



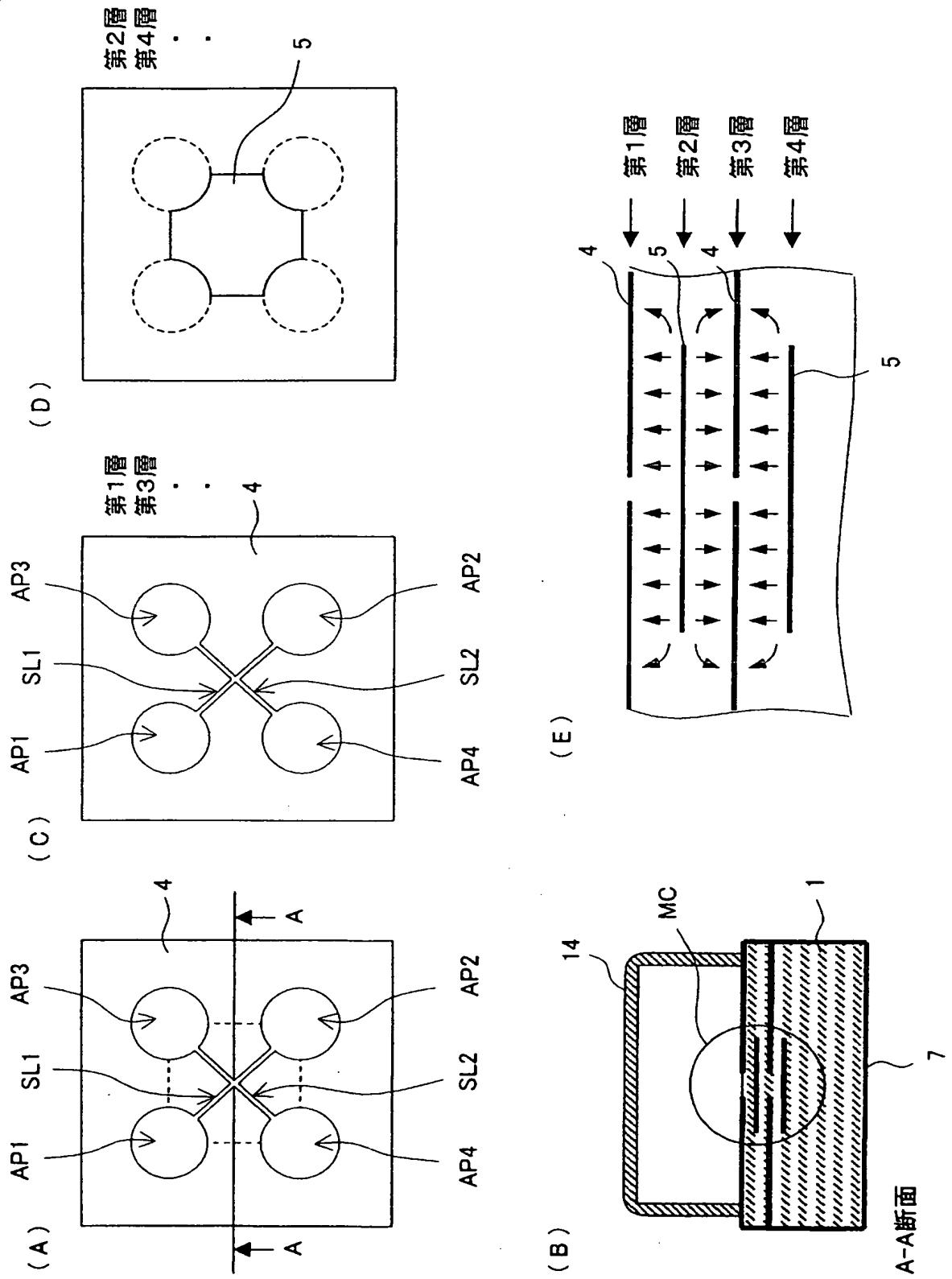
(B)



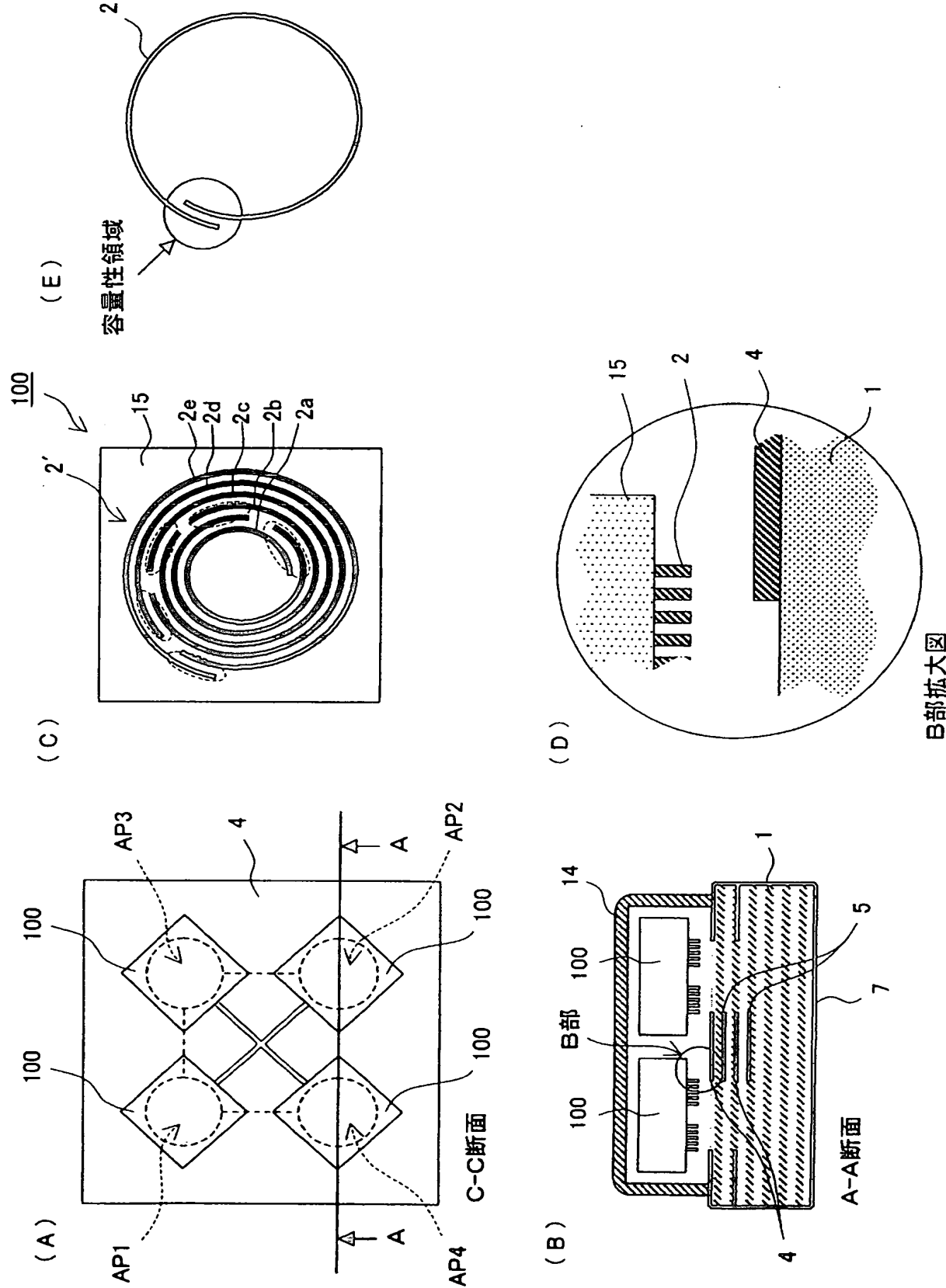
[図8]



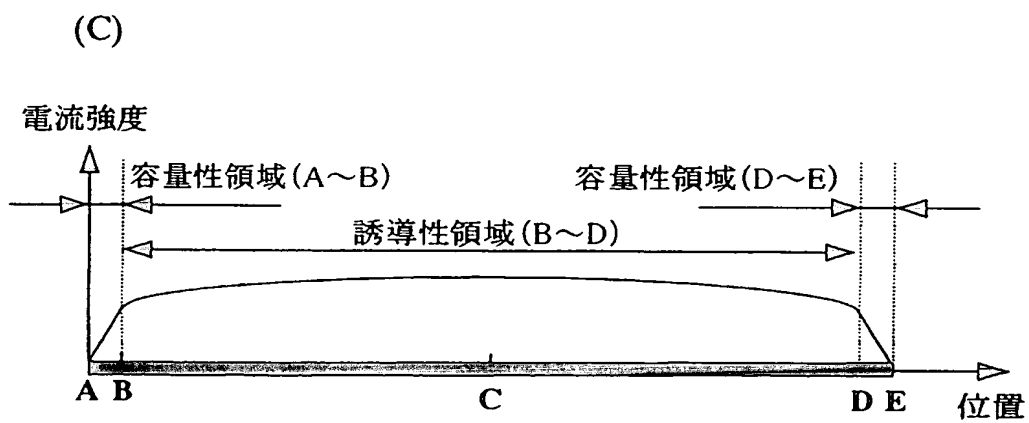
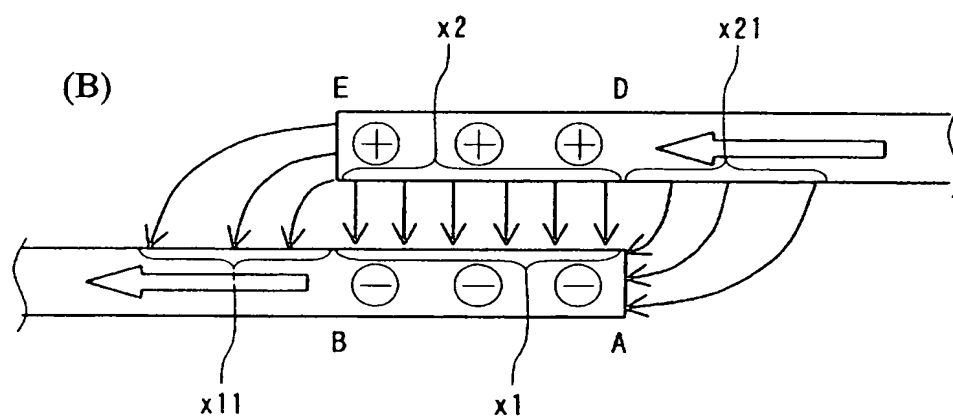
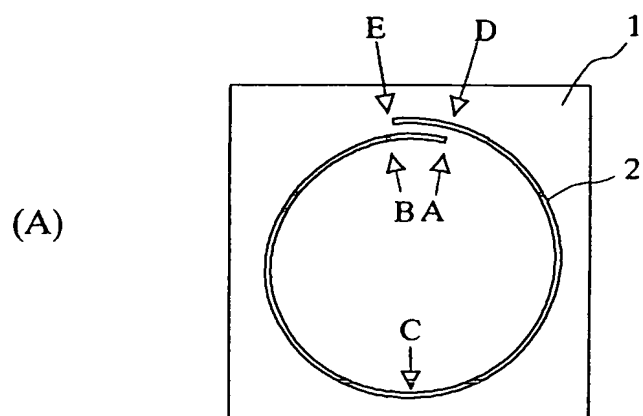
[図9]



[図10]

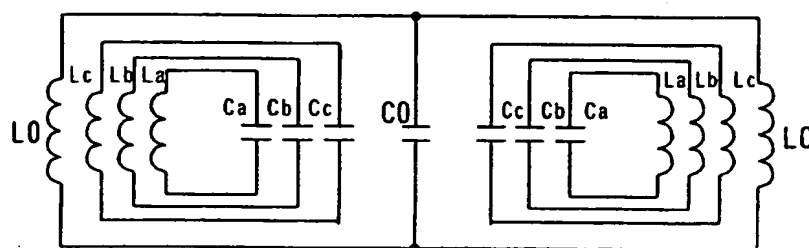


[図11]

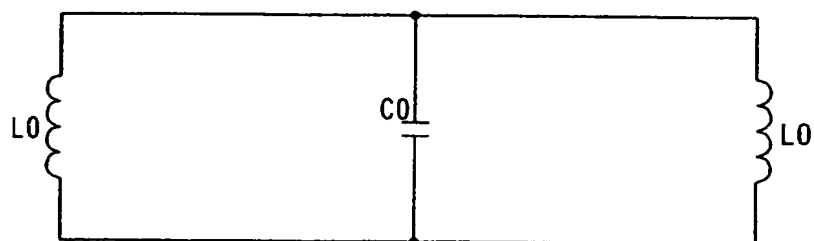


[図12]

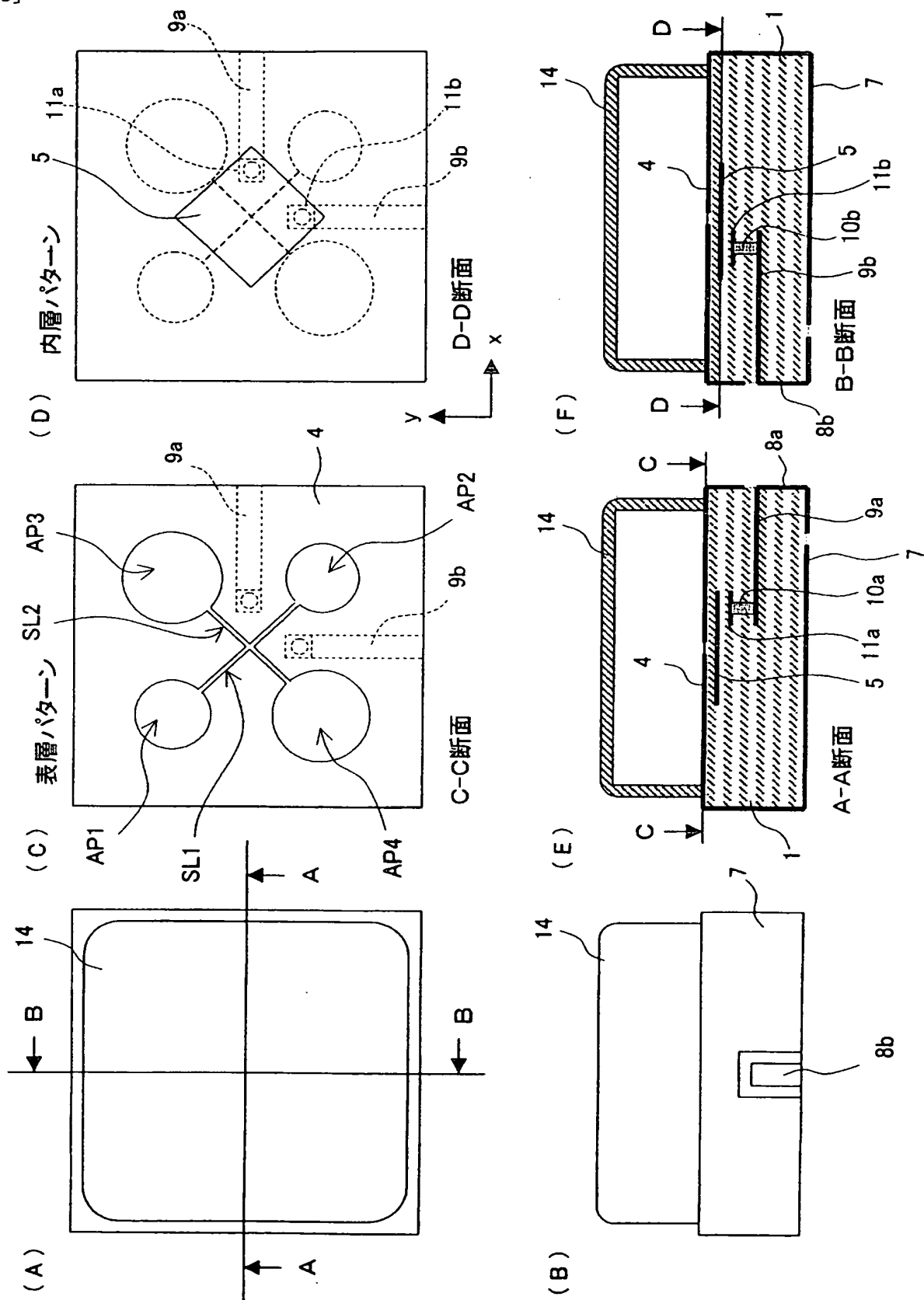
(A)



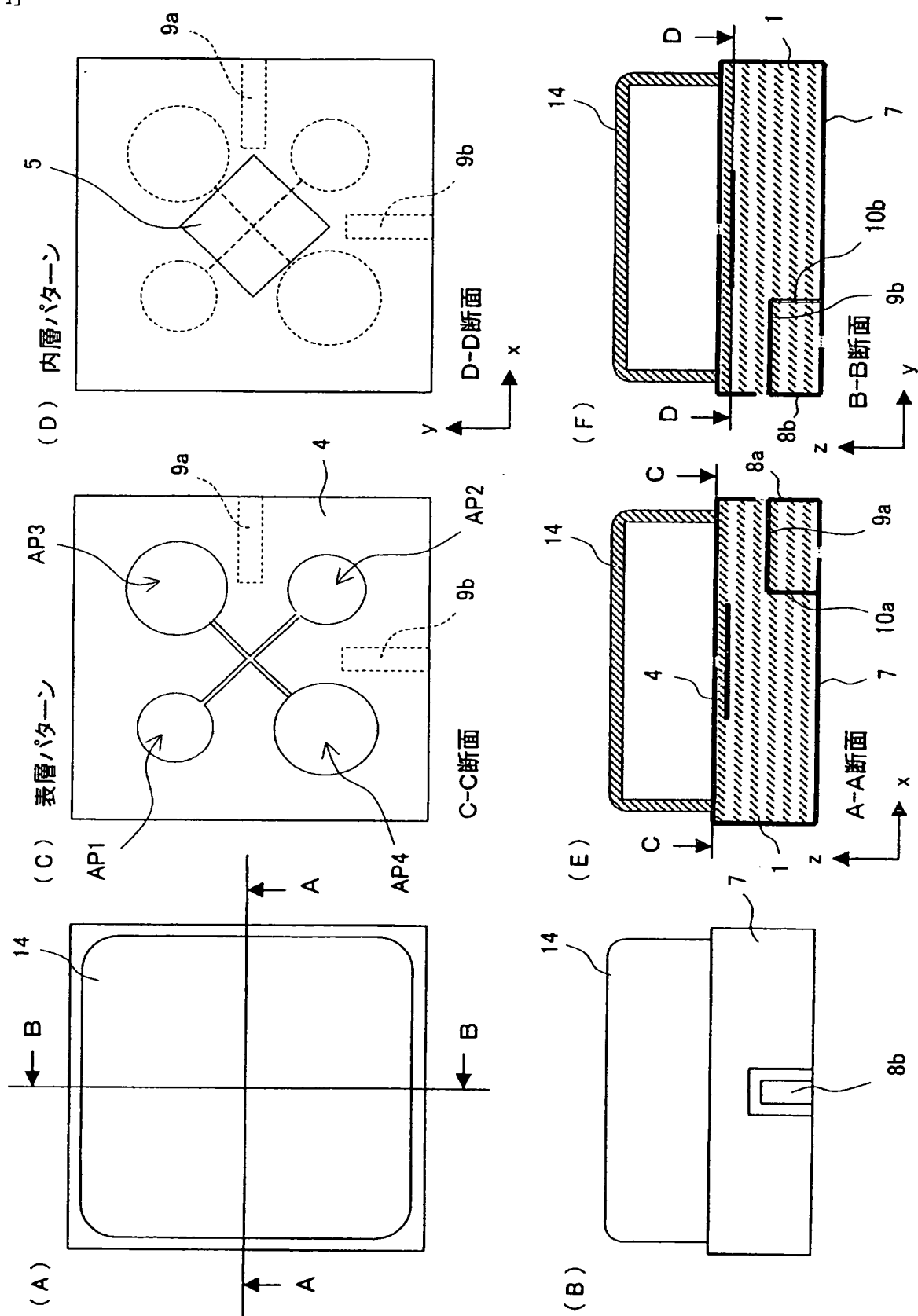
(B)



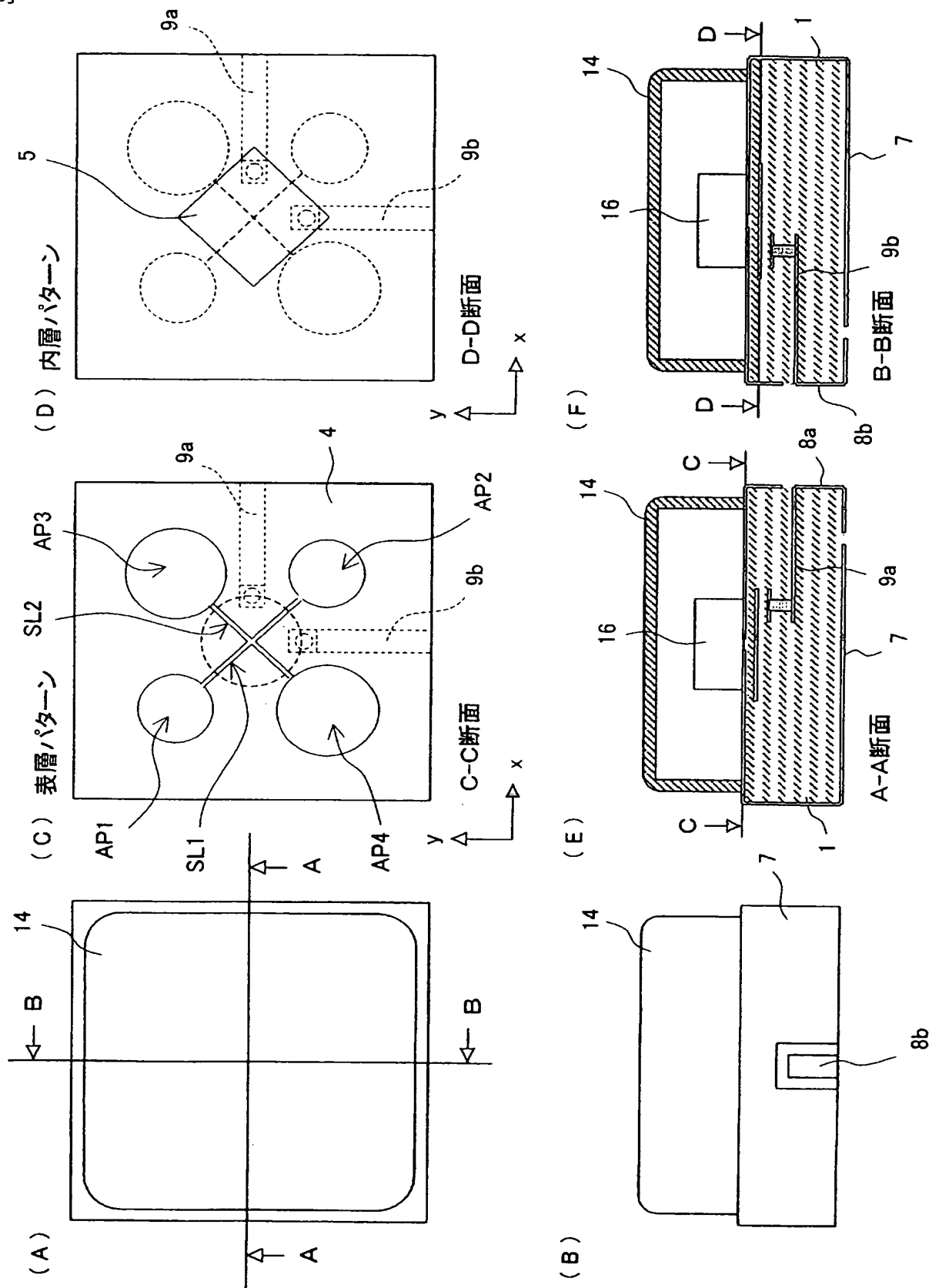
[図13]



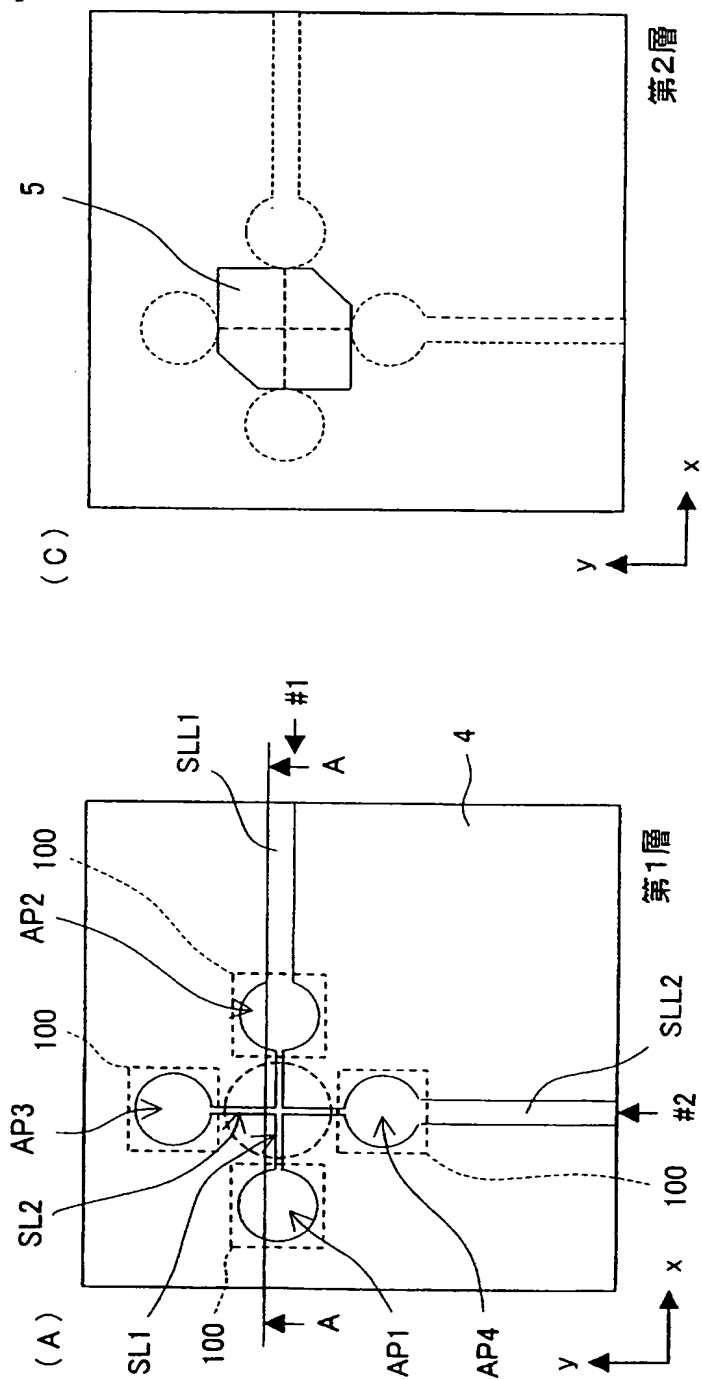
[図14]



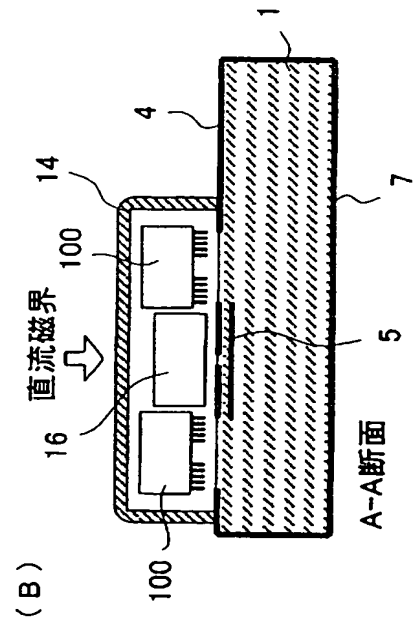
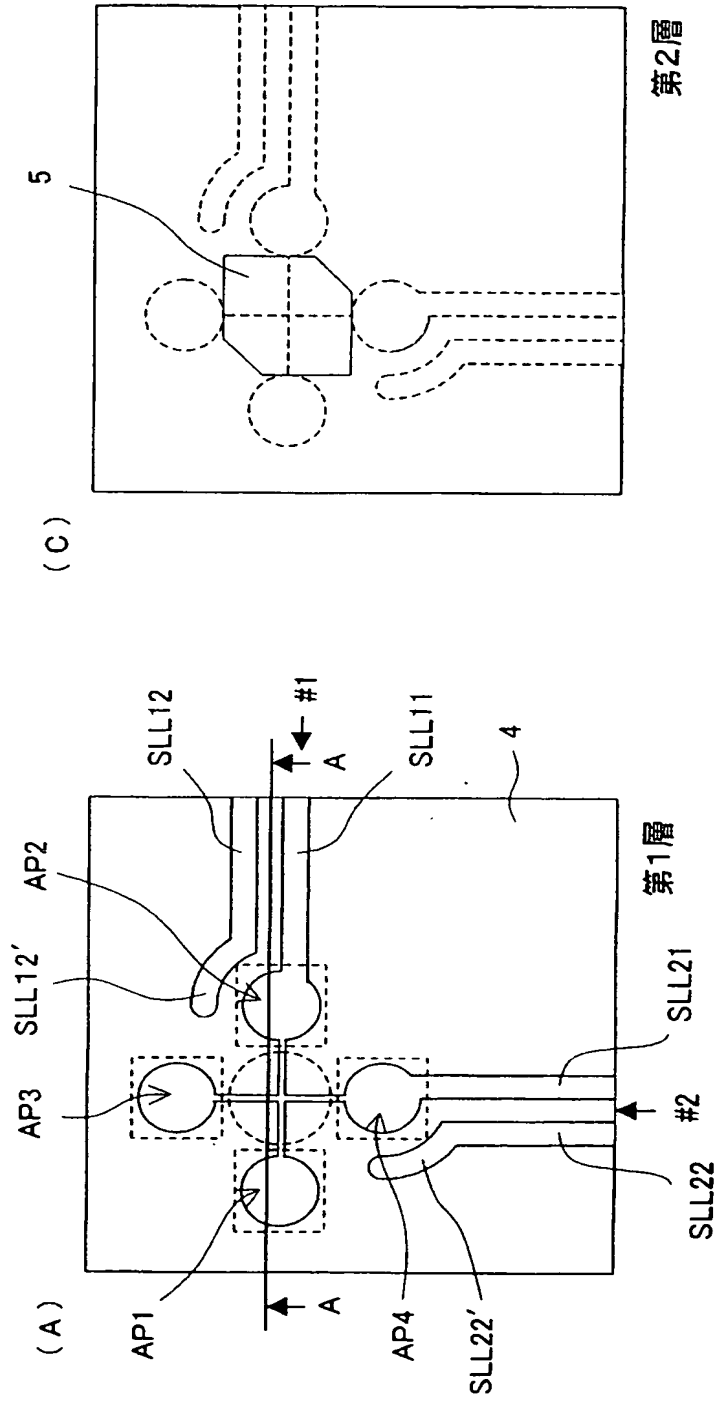
[図15]



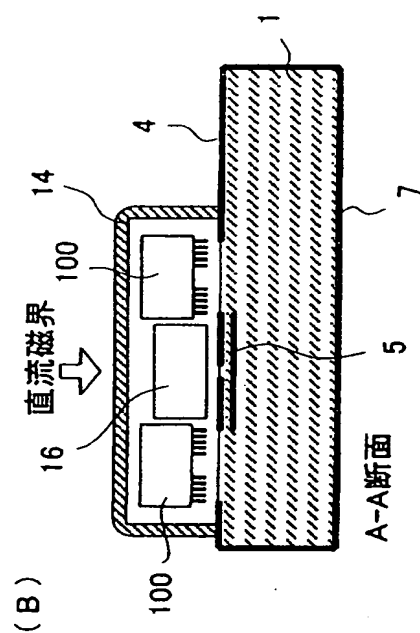
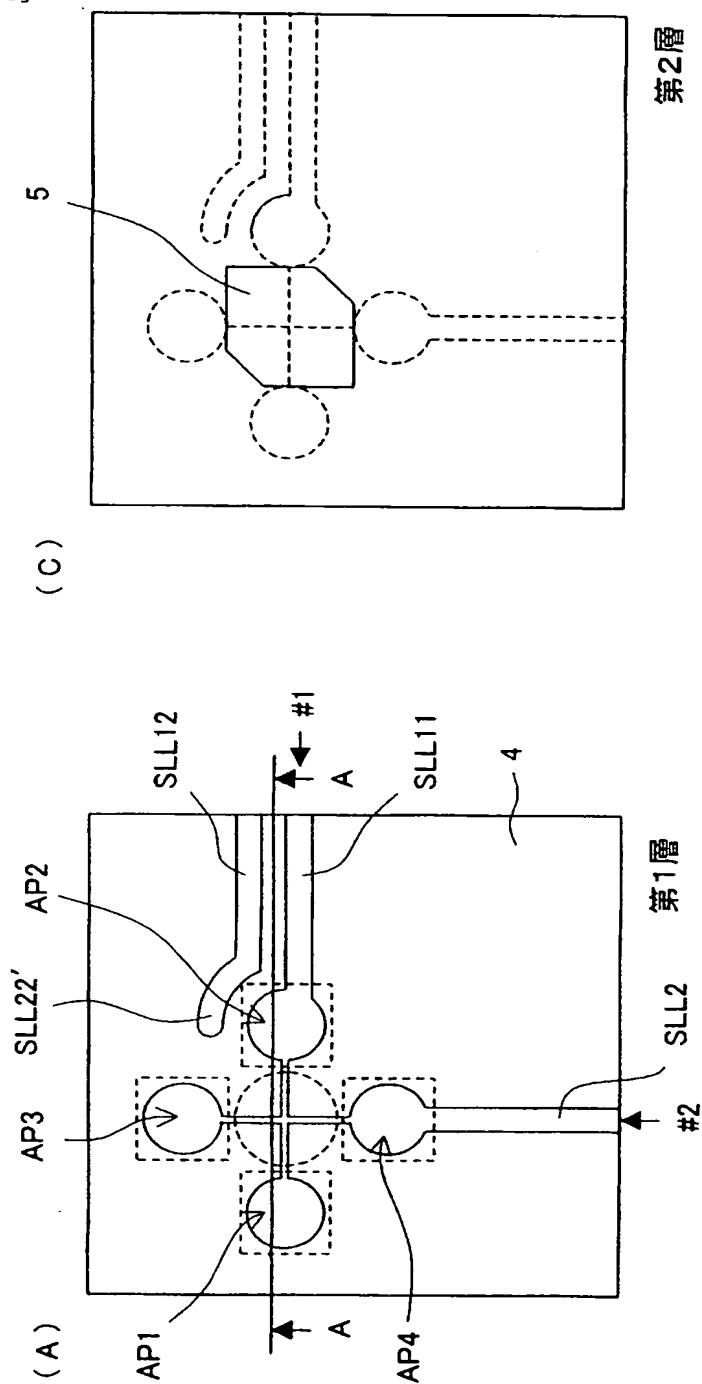
[図16]



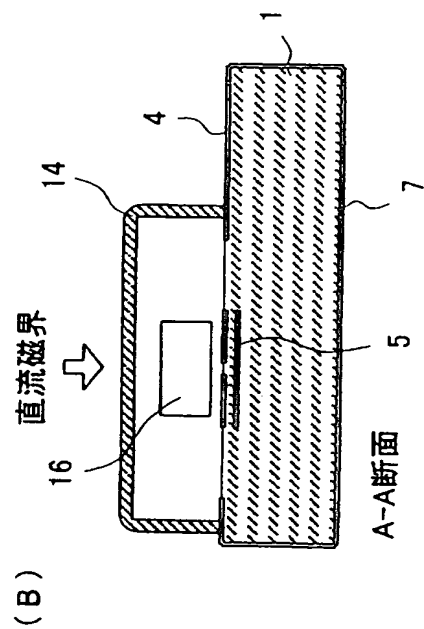
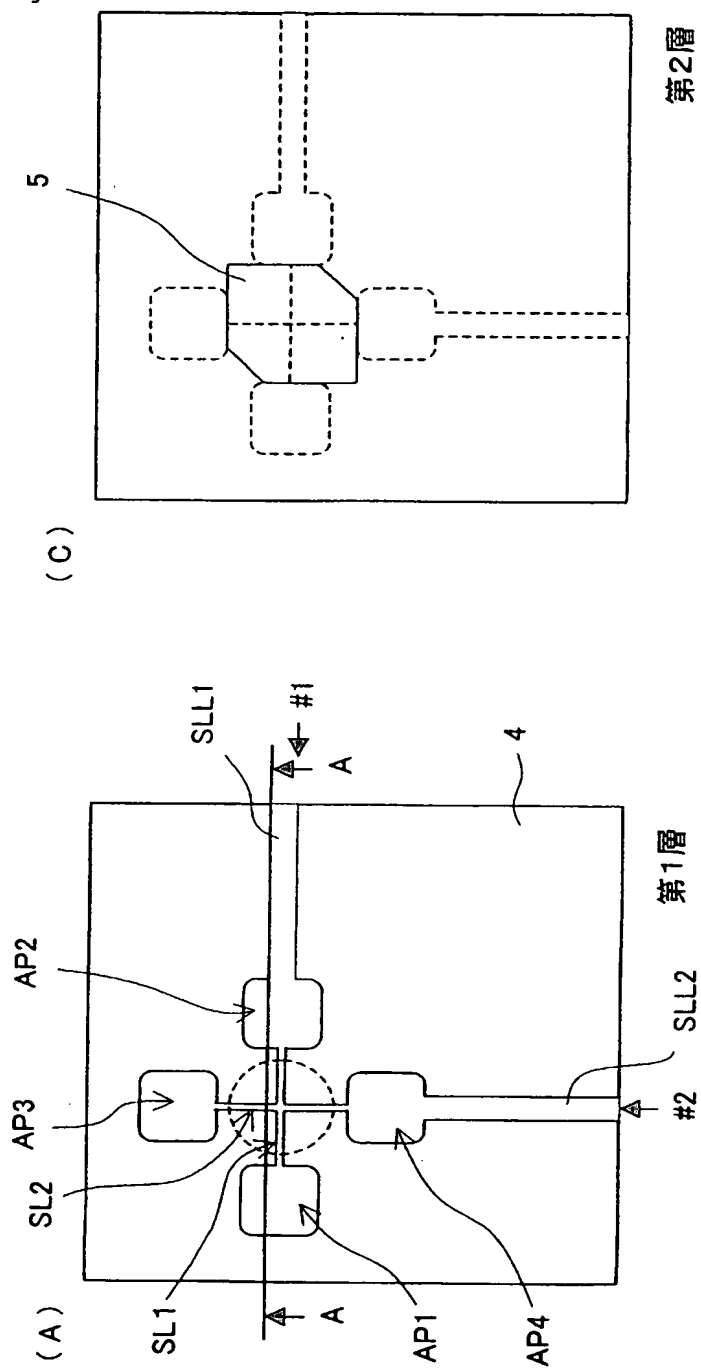
[図17]



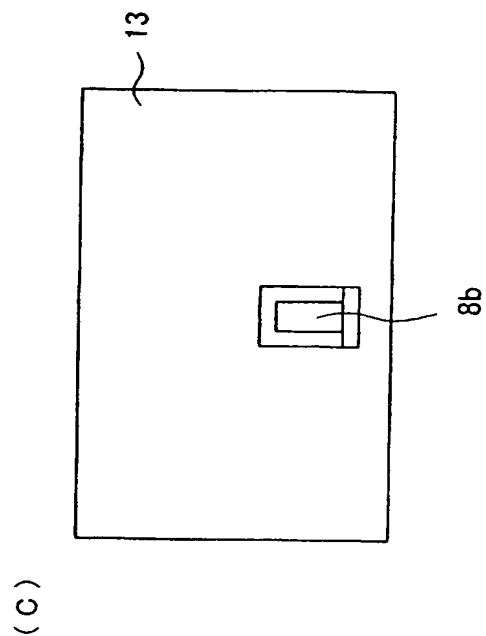
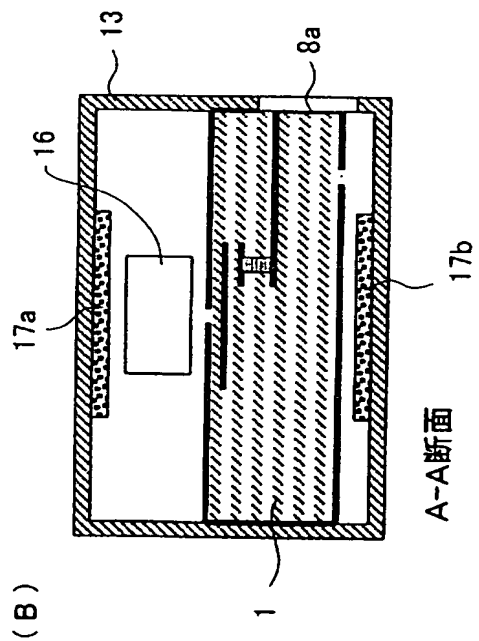
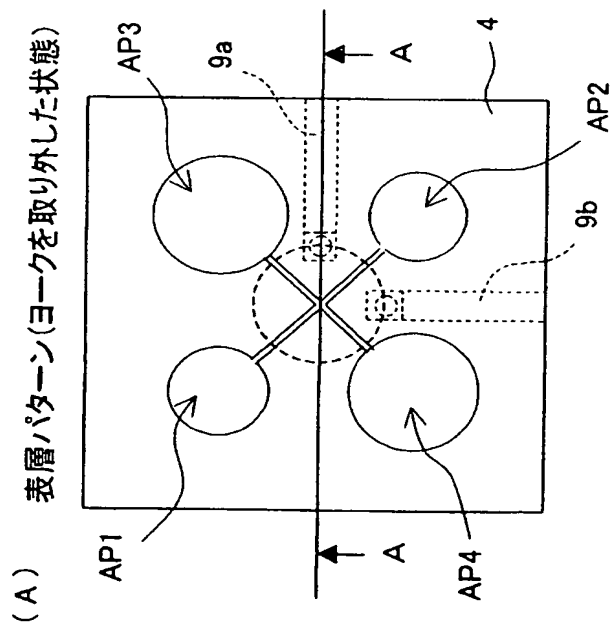
[図18]



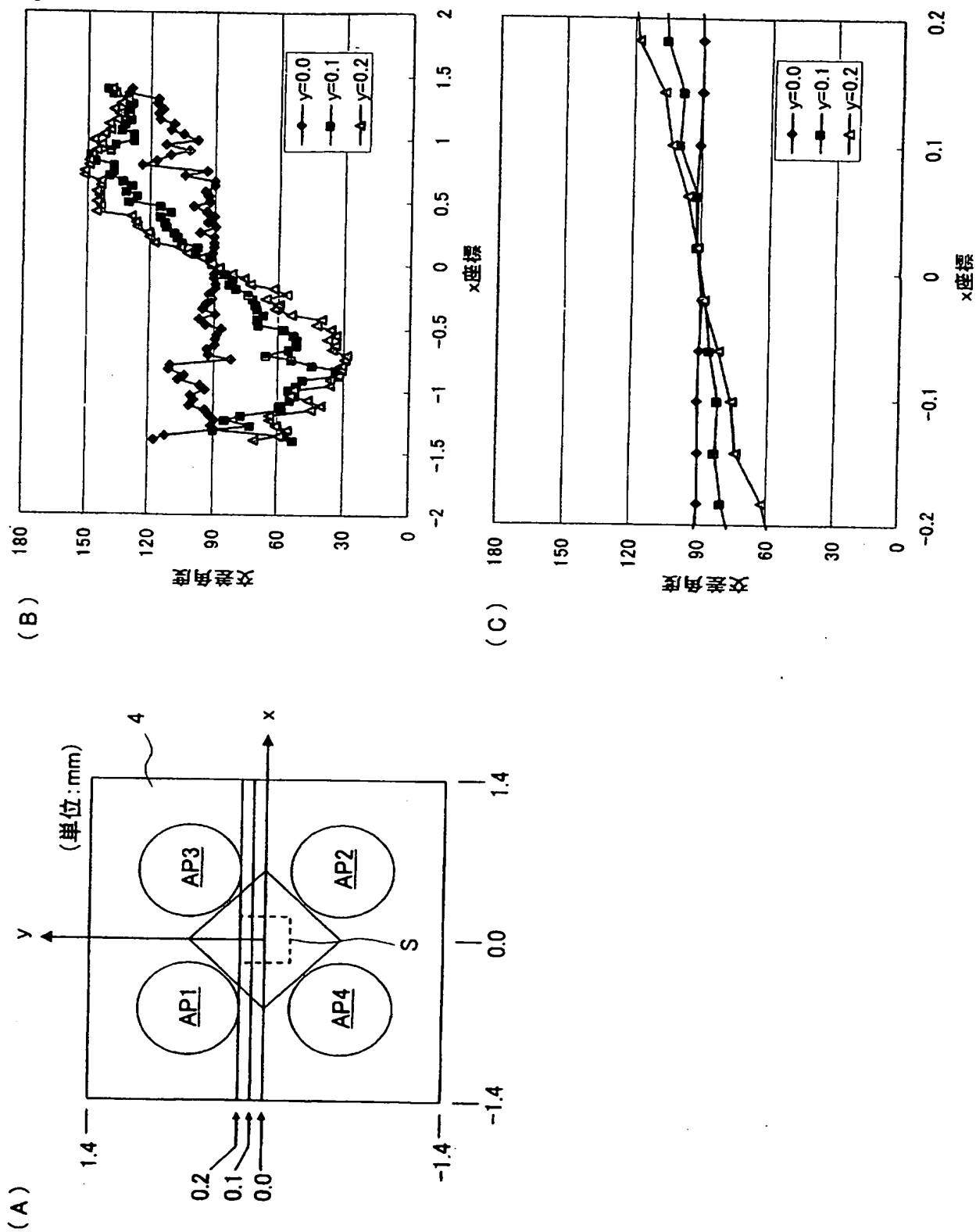
[図19]



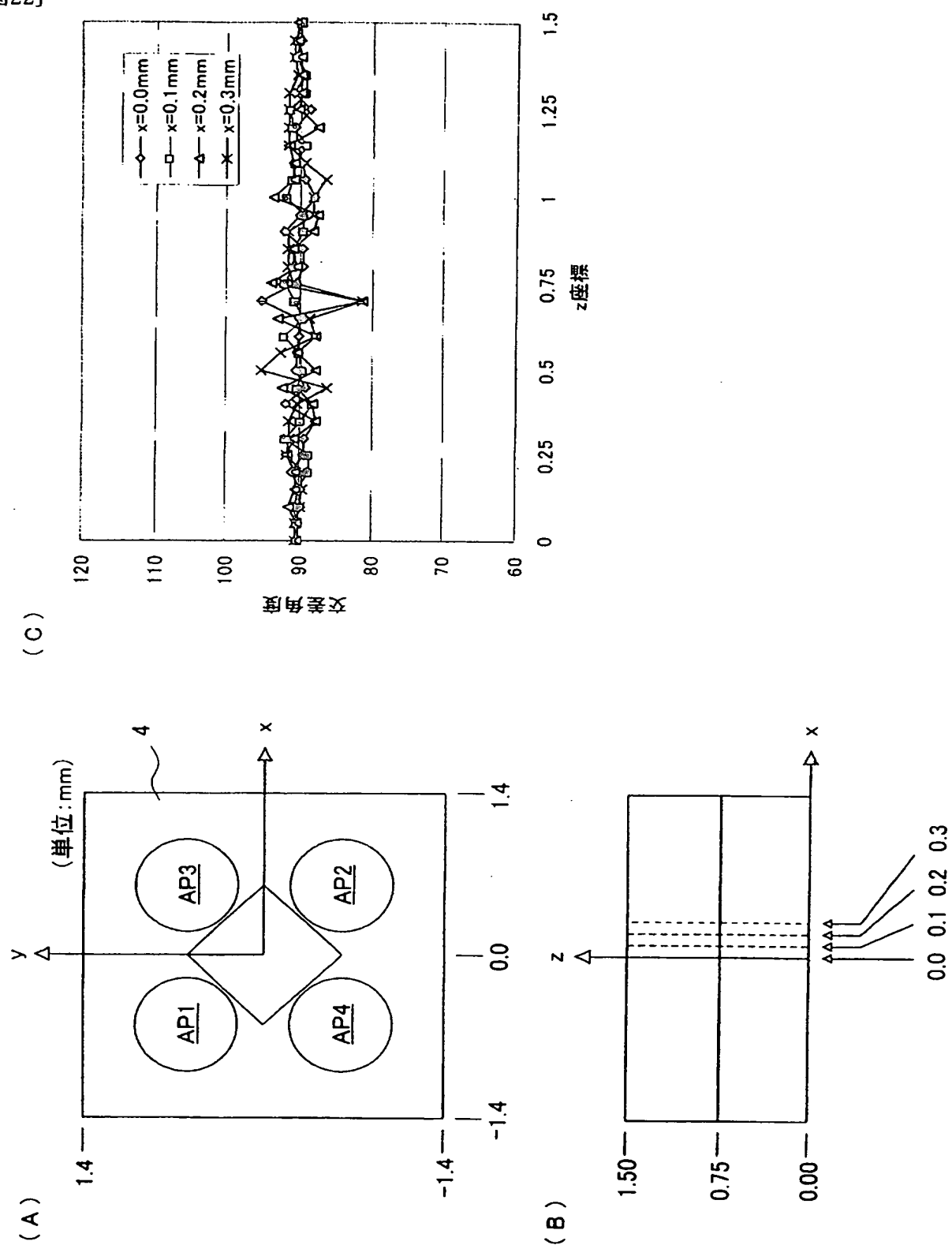
[図20]



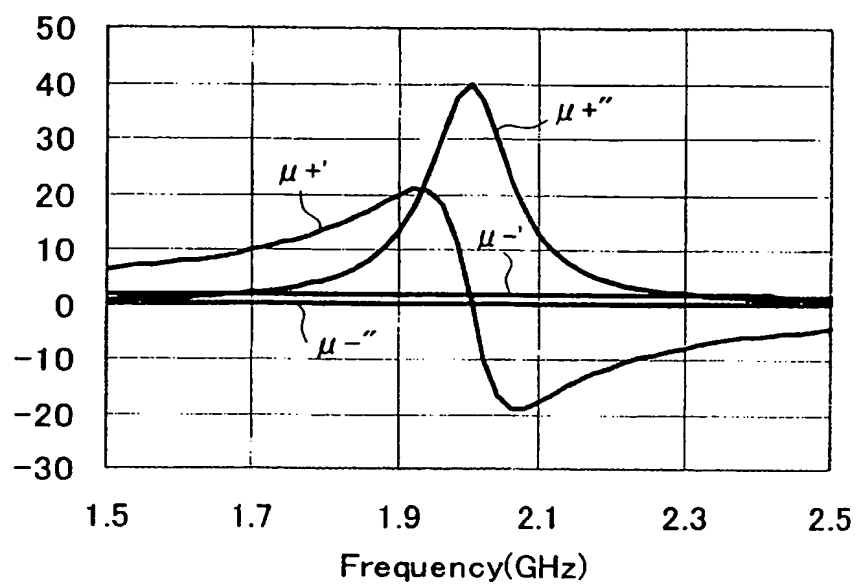
[図21]



[図22]

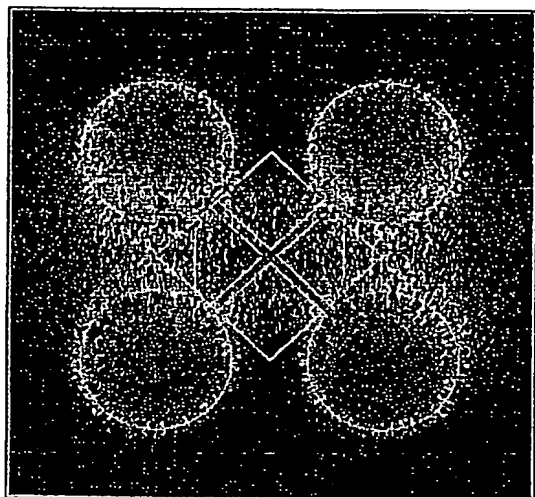


[図23]

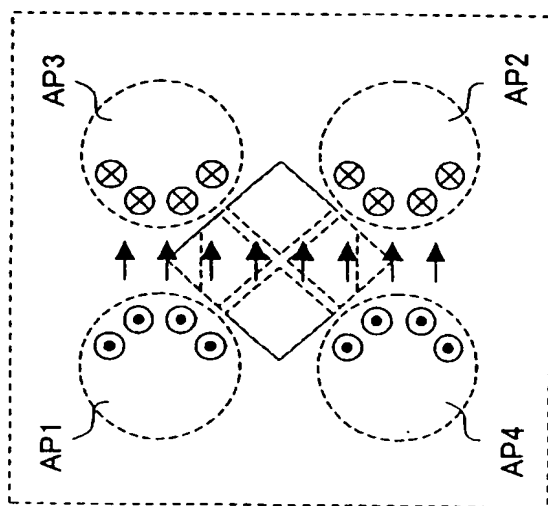


[図24]

偶モード (3.40GHz)

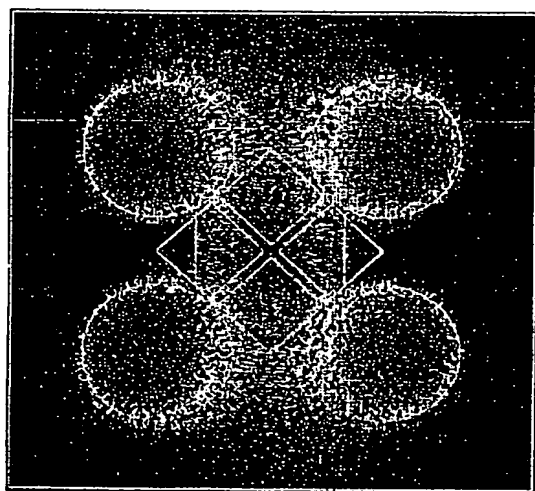


(C)

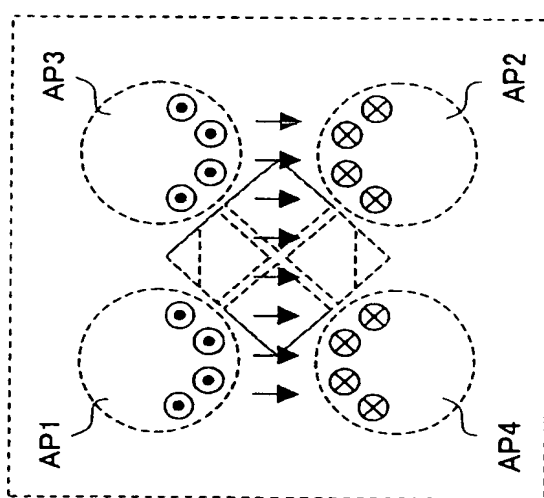


(D)

奇モード (3.04GHz)



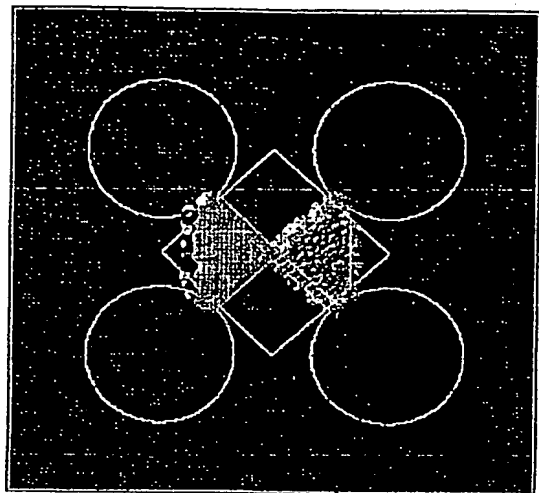
(A)



(B)

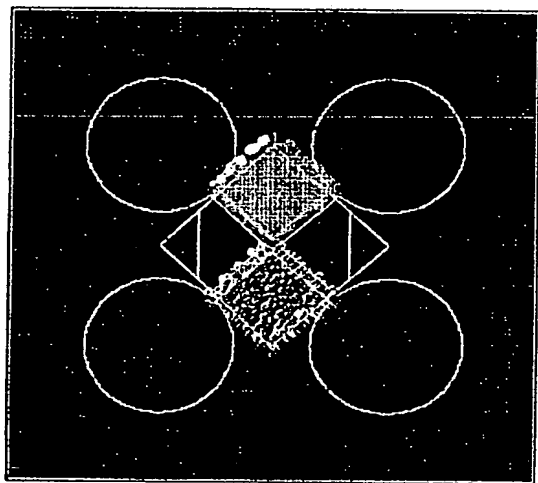
[図25]

偶モード (3.40GHz)

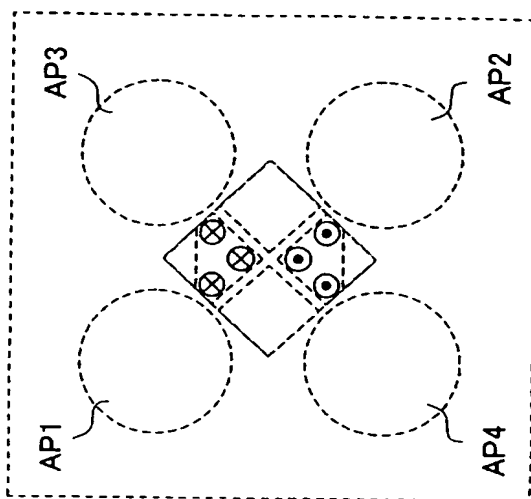


(C)

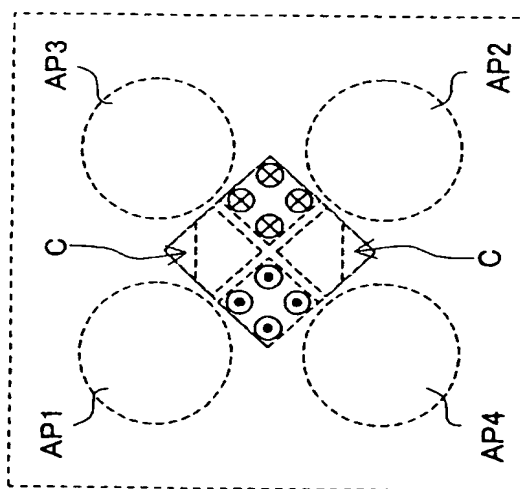
奇モード (3.04GHz)



(A)

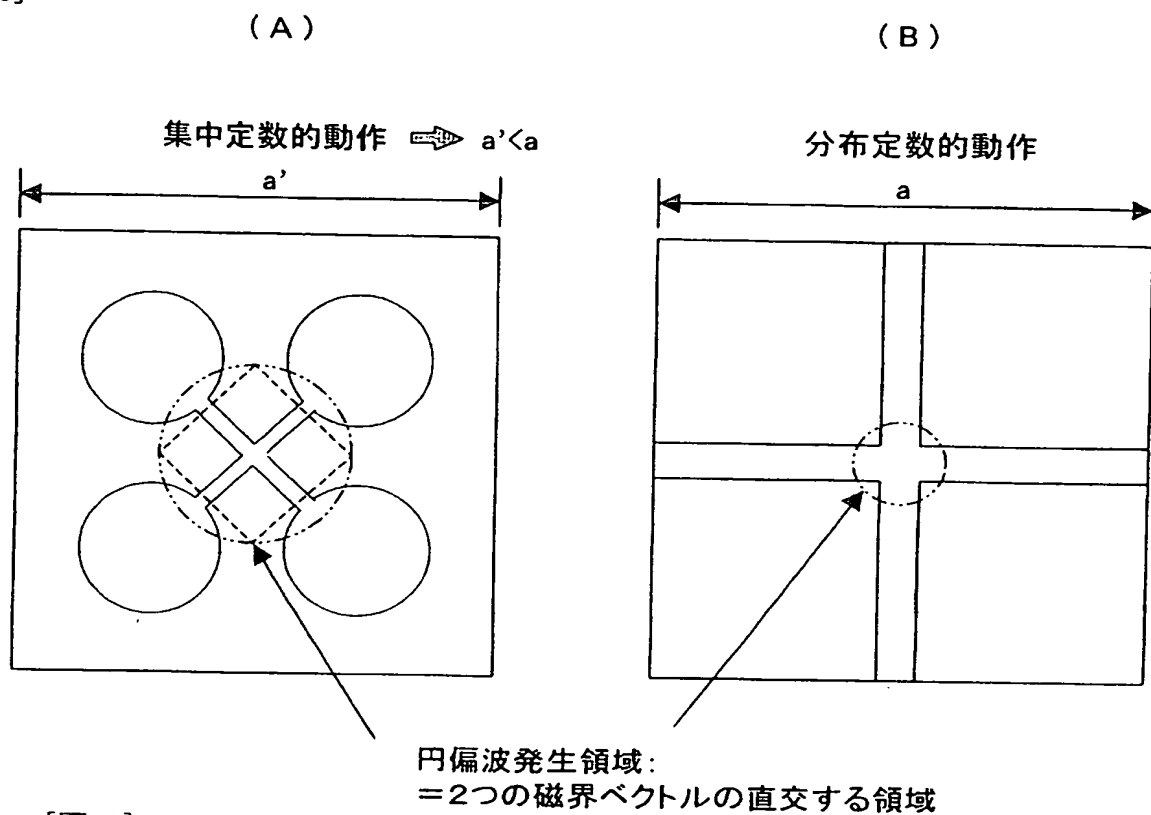


(D)



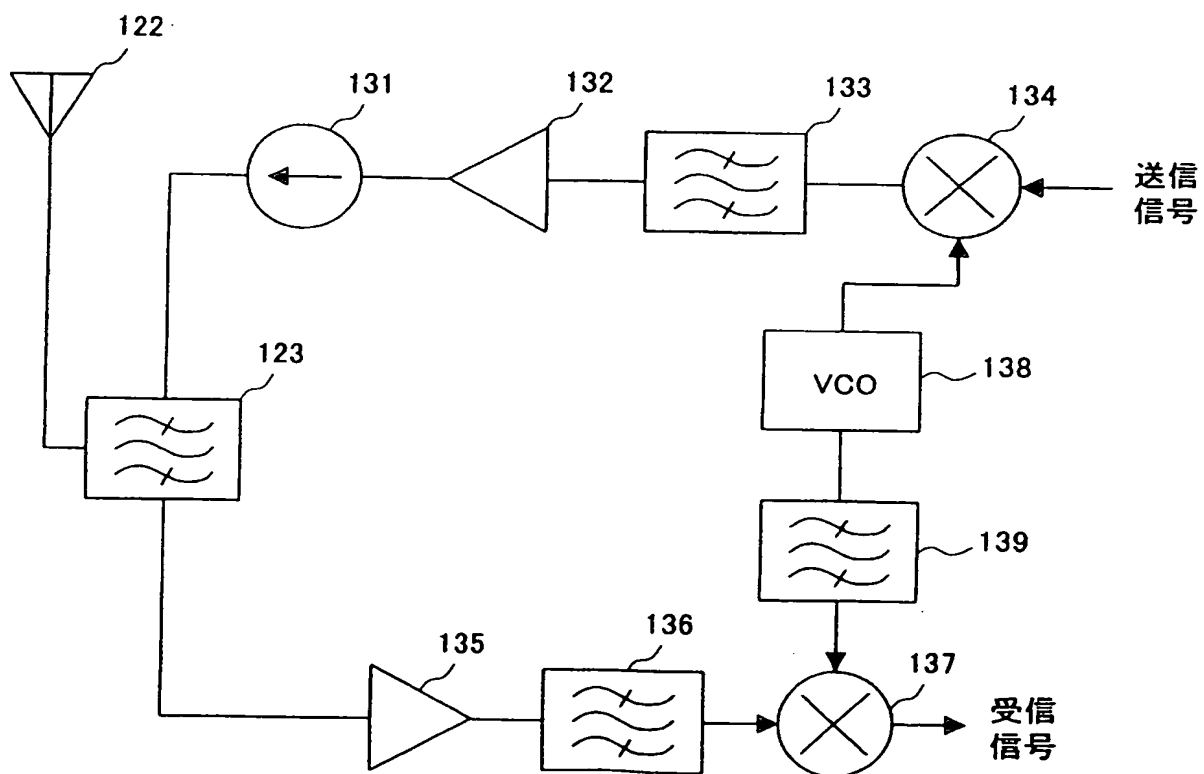
(B)

[図26]

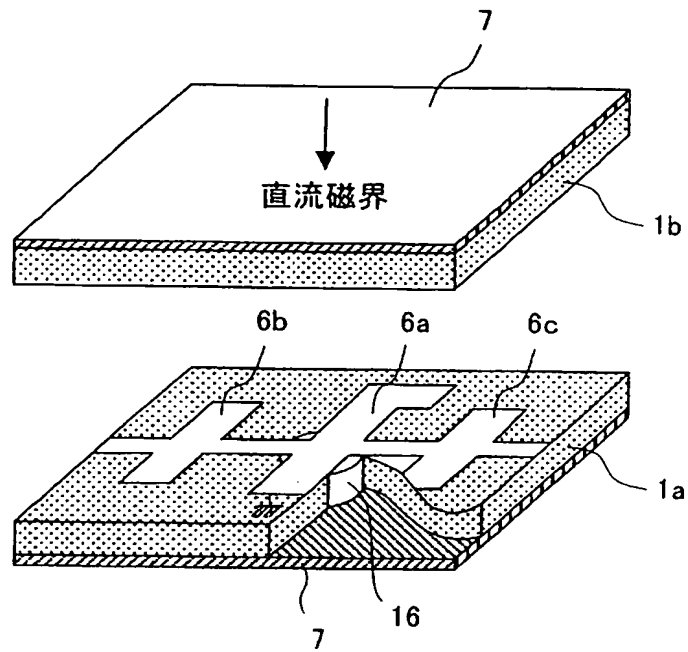


[図27]

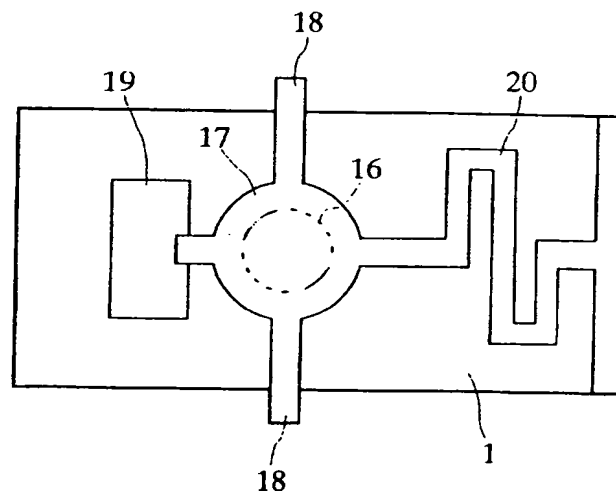
120



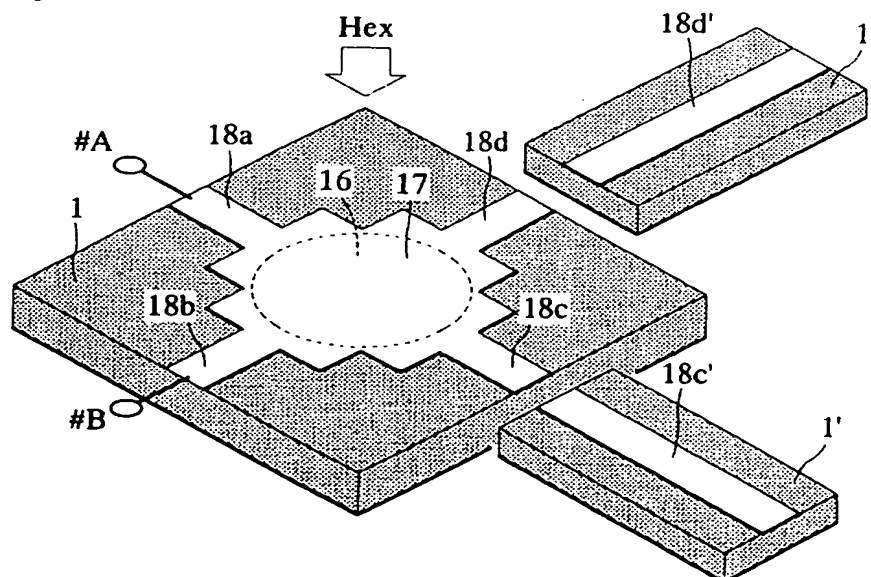
[図28]



[図29]



[図30]



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01P1/208, H01P7/08, H01P1/36

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01P1/208, H01P7/08, H01P1/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 8-265004 A (エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション) 1996. 10. 11, 段落【0011】-【0016】, 図3 & E P 732763 A1	1, 5, 8
A		2, 3, 4, 6, 7
Y	J P 2003-142919 A (日本電信電話株式会社) 2003. 05. 16, 段落【0018】, 【0019】, 図12, 13 (ファミリーなし)	1, 5, 8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09. 09. 2004

国際調査報告の発送日

28. 9. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

麻生 哲朗

5 T

2953

電話番号 03-3581-1101 内線 3566

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-208640 A (コーニンクレッカ フィリッ プス エレクトロニクス エヌ ヴィ) 2002.07.26, 全文, 全図 &DE 10047214 A1 &US 2002/53955 A1	4
A	JP 2000-151219 A (株式会社村田製作所) 2000.05.30, 全文, 全図 &EP 986127 A2	6,7